

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-23193

(P2003-23193A)

(43) 公開日 平成15年1月24日 (2003.1.24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 01 S 3/06  
5/18

識別記号

F I

H 01 S 3/06  
5/18

テ-マコ-ト<sup>\*</sup>(参考)

5 F 07 2  
5 F 07 3

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2001-204315(P2001-204315)

(22) 出願日

平成13年7月5日 (2001.7.5)

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 野田 進

京都府宇治市五ヶ庄京大宿舎231

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

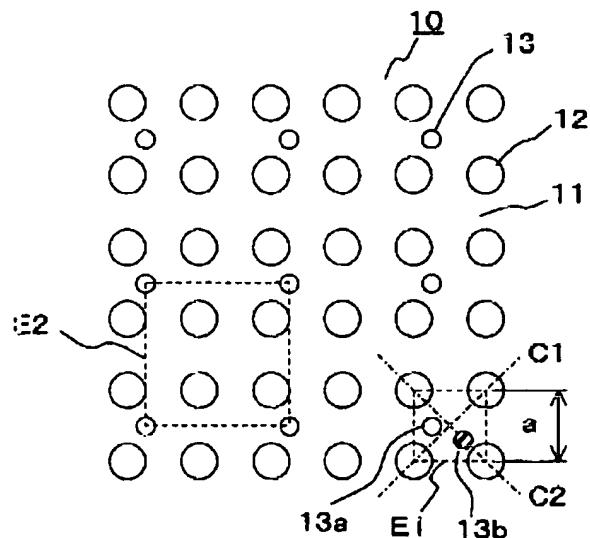
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二次元フォトニック結晶面発光レーザ

(57) 【要約】

【課題】 偏光方向が一定の光を出射することのできる二次元フォトニック結晶面発光レーザを提供する。

【解決手段】 キャリアの注入により発光する活性層4の近傍に、屈折率の異なる媒質が二次元の周期で配列された二次元フォトニック結晶10を配した二次元フォトニック結晶面発光レーザ1において、二次元フォトニック結晶10は、直交する方向に格子間隔aの等しい正方形から成るとともに、一の媒質12を頂点とした正方形から成る基本格子E1が該基本格子E1の2つの対角線C1、C2のいずれかに対して非対称な屈折率の分布を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 キャリアの注入により発光する活性層の近傍に、屈折率の異なる媒質が二次元の周期で配列された二次元フォトニック結晶を配した二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、

前記二次元フォトニック結晶は、一の媒質を直交する2方向に等間隔で周期的に配列した正方格子から成るとともに、一の媒質を頂点とし、同じ大きさの一の媒質の最小周期を一辺とした正方形から成る少なくとも一部の基本格子が、該基本格子の2つの対角線のいずれか一方に対して非対称な屈折率の分布を有することを特徴とする二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項2】 キャリアの注入により発光する活性層の近傍に、屈折率の異なる媒質が二次元の周期で配列された二次元フォトニック結晶を配した二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、

前記二次元フォトニック結晶のΓ点におけるモードの縮退をいたることを特徴とする二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項3】 前記活性層の利得の極大値をとる周波数と前記二次元フォトニック結晶が共振する周波数とを一致させたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項4】 前記二次元フォトニック結晶は、所定の屈折率を有する第1媒質と、第1媒質と屈折率が異なるとともに第1媒質内の直交する第1、第2方向に等しい間隔で配置された等しい大きさの第2媒質とを有し、第2媒質を頂点とした少なくとも一部の基本格子は、該基本格子の2つの対角線のいずれかに対して非対称に配される第3媒質を有することを特徴とする請求項1～請求項3のいずれかに記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項5】 基本格子の一辺の長さをaとした時に、基本格子の一辺から幅0.1aの範囲または一辺の垂直二等分線から幅0.1aの範囲に第3媒質を配置したことを特徴とする請求項4に記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項6】 基本格子の一辺の長さをaとし、一の第2媒質を原点に第1、第2方向をX軸、Y軸とした時に、X、Y座標が( $na/4, ma/4$ ) ( $n=0, 2, 4, m=1, 3$ )または( $na/4, ma/4$ )

( $n=1, 3, m=0, 2, 4$ )の点を中心とする半径0.1aの範囲に第3媒質を配置したことを特徴とする請求項4に記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項7】 第2媒質と第3媒質とが異なる大きさから成ることを特徴とする請求項4に記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項8】 第2媒質と第3媒質とは同じ材質から成ることを特徴とする請求項4～請求項7のいずれかに記

載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項9】 前記二次元フォトニック結晶は、所定の屈折率を有する第1媒質と、第1媒質と屈折率が異なるとともに第1媒質内の直交する第1、第2方向に等しい間隔で配置される第2媒質とを有し、

第2媒質を頂点とした少なくとも一部の基本格子は、該基本格子の2つの対角線のいずれかに対して第2媒質の平面形状を非対称にしたことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれかに記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項10】 前記二次元フォトニック結晶は、平面形状が矩形の媒質を密接して配列され、少なくとも一の媒質に対して直交する2方向に隣接する2つの媒質の屈折率が異なることを特徴とする請求項1～請求項3のいずれかに記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【請求項11】 前記二次元フォトニック結晶は、等しい周期を持つ2つの一次元回折格子を周期方向が直交するよう接合して成ることを特徴とする請求項10に記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、二次元フォトニック結晶を有し、面発光が可能な二次元フォトニック結晶面発光レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 活性層の近傍に二次元フォトニック結晶を配し、二次元フォトニック結晶の共振により面発光する二次元フォトニック結晶面発光レーザは特開2000-32351号公報に開示されている。同公報の二次元フォトニック結晶面発光レーザは、基板上に下部クラッド層、活性層、上部クラッド層が積層されている。下部クラッド層中には活性層の近傍に二次元フォトニック結晶が内蔵されている。

【0003】 二次元フォトニック結晶は、例えばn型InPの半導体層に空孔を形成して構成され、屈折率の異なる媒質が二次元の所定周期で配列された三角格子や正方格子から成っている。空孔内にはSiN等を充填してもよい。活性層は、例えばInGaAs/InGaAsP系の半導体材料を用いた多重量子井戸構造から成っており、キャリアの注入により発光する。

【0004】 また、下部クラッド層は上記のように例えばn型InPの半導体から成り、上部クラッド層は例えばp型InPの半導体から成っている。下部クラッド層及び上部クラッド層により活性層を挟んでダブルヘテロ接合を形成し、キャリアを閉じこめて発光に寄与するキャリアを活性層に集中させるようになっている。

【0005】 上部クラッド層の上面及び基板の底面には金等から成る電極が形成されている。電極間に電圧を印加することにより活性層が発光し、活性層から漏れた光が二次元フォトニック結晶に入射する。二次元フォトニ

ック結晶の格子間隔に波長が一致する光は二次元フォトニック結晶により共振して増幅される。これにより、二次元フォトニック結晶面発光レーザが面発光してコヒーレントな光を射出する。

【0006】例えば、図35に示すような正方格子から成る二次元フォトニック結晶について共振作用を説明する。二次元フォトニック結晶40は、第1媒質11内に空孔等の第2媒質12を直交する二方向に同じ周期で形成した正方格子から成っている。正方格子は $\Gamma-X$ 方向と $\Gamma-M$ 方向の代表的な方向を有している。 $\Gamma-X$ 方向に隣接する第2媒質12の間隔（以下「格子間隔」という）を $a$ とすると、第2媒質12を格子点とした一辺が $a$ の正方形から成る格子（以下「基本格子」という）E1が形成されている。

【0007】基本格子E1の格子間隔 $a$ に波長 $\lambda$ が一致する光しが $\Gamma-X$ 方向に進行すると、光しが格子点で回折される。このうち、光の進行方向に対して $0^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 、 $180^\circ$ の方向に回折された光のみがブラッグ条件を満たす。更に、 $0^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 、 $180^\circ$ の方向に回折された光の進行方向にも格子点が存在するため、回折光は再度進行方向に対して $0^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 、 $180^\circ$ の方向に回折する。

【0008】光しが1回または複数回の回折を繰り返すと回折光が元の格子点に戻るため共振作用が生じる。また、紙面に垂直な方向に回折された光もブラッグ条件を満たす。このため、共振によって増幅された光が上部クラッド層を介して出射され、面発光機能を有することになる。また、全ての格子点でこの現象が発生するため、面内全域でコヒーレントなレーザ発振が可能になっている。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】図36は前述の図35に示す構造の二次元フォトニック結晶40のバンド図である。縦軸は光の周波数に $a/c$ を乗じて無次元化した規格化周波数である。ここで、 $c$ は光速（単位：m/s $\times 10^3$ ）を示しており、 $a$ は格子間隔（単位：m）を示している。横軸は、光の波数ベクトルを示している。

【0010】同図において、各線は光の分散関係を示しており、いくつかの場所においてその傾きが零、即ち光の群速度が零となり共振作用が生じる場所が存在するのが分かる。中でも $\Gamma$ 点は前述したように、面内方向だけではなく、面上に垂直な方向に回折された光もブラッグ条件を満たすため、面内方向で共振した結果得られるコヒーレントな光を面上に垂直な方向に取り出すことが可能となる。

【0011】尚、 $\Gamma$ 点は以下のように定義される。格子間隔 $a$ の正方格子に対して格子の基本並進ベクトル $a_1$ 、 $a_2$ は、直交座標の単位ベクトルを $x$ 、 $y$ とすると、 $a_1 = ax$

$$a_2 = ay$$

と表される。

【0012】並進ベクトル $a_1$ 、 $a_2$ に対し、逆格子基本ベクトル $b_1$ 、 $b_2$ は、

$$b_1 = (2\pi/a)y$$

$$b_2 = (2\pi/a)x$$

と表される。

【0013】逆格子基本ベクトル $b_1$ 、 $b_2$ を用い、光の波数ベクトル $k$ が式(1)で表されるような値を持つ点を $\Gamma$ 点と称す。

$$k = n b_1 + m b_2 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 $n$ 、 $m$ は任意の整数である。

【0015】従って、光の波数ベクトルが式(1)を満たしている $\Gamma$ 点であれば、どのバンドでも前述の現象が生じる。通常、二次元フォトニック結晶面発光レーザでは図中S部に示すように、格子間隔 $a$ が波長 $\lambda$ と等しいことに相等する第2群のバンドが用いられる。

【0016】S部の詳細を図37に示すと、二次元フォトニック結晶は周波数の低い方から順にA、B、C、Dの4つの群速度が零となる周波数、即ち共振周波数を有する。以下、共振周波数Aでの共振状態をAモード、共振周波数Bでの共振状態をBモード、共振周波数Cでの共振状態をCモード、共振周波数Dでの共振状態をDモードという。

【0017】図38、図39はそれぞれ二次元フォトニック結晶がAモード及びBモードの共振状態を探っているときの電界分布を示しており、これはレーザー発振時の近視野像に相当する。矢印は電界の方向及び大きさを示している。これらの図に示すように、Aモード及びBモードでは、電界の向きが揃っていない。即ち、偏光方向が一定になっていない。このため、図40、図41にAモード及びBモードの遠視野の電界分布を示すと、Aモードでは偏光方向が電極7の周囲を回転する偏光になり、Bモードでは偏光方向が電極7を中心に放射状の偏光になる。

【0018】また、CモードとDモードとは縮退しており、この共振状態は同一の周波数で生じる。このため、 $\Gamma$ 点ではCモードによる電界分布とDモードによる電界分布との線形和によって偏光が決められる。従って、偏光方向は一意に決まらず不安定になっている。

【0019】以上のように、従来の二次元フォトニック結晶面発光レーザによると、二次元フォトニック結晶の4つの共振モード（CモードとDモードとは縮退しているので実質3つの共振モード）のどのモードで共振するように形成しても出射される光の偏光方向が揃っていない。従って、偏光方向が一定の偏光を用いる装置には使用できない問題があった。

【0020】本発明は、偏光方向が一定の偏光を出射することのできる二次元フォトニック結晶面発光レーザを提供することを目的とする。

## 【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1に記載された発明は、キャリアの注入により発光する活性層の近傍に、屈折率の異なる媒質が二次元の周期で配列された二次元フォトニック結晶を配した二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記二次元フォトニック結晶は、一の媒質を直交する2方向に等間隔で周期的に配列した正方格子から成るとともに、一の媒質を頂点とし、同じ大きさの一の媒質の最小周期を一辺とした正方形から成る少なくとも一部の基本格子が、該基本格子の2つの対角線のいずれか一方に対して非対称な屈折率の分布を有することを特徴としている。

【0022】また請求項2に記載された発明は、キャリアの注入により発光する活性層の近傍に、屈折率の異なる媒質が二次元の周期で配列された二次元フォトニック結晶を配した二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記二次元フォトニック結晶の「点におけるモードの縮退を」といたことを特徴としている。この構成によると、二次元フォトニック結晶は結晶の対称性を崩すこと等によって縮退をとられる。その結果、媒質の屈折率や大きさ等の選択によって、バンド図の第2群において4つの異なる周波数で共振させることができる。

【0023】また請求項3に記載された発明は、請求項1または請求項2に記載された二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記活性層の利得の極大値をとる周波数と前記二次元フォトニック結晶が共振する周波数とを一致させたことを特徴としている。

【0024】また請求項4に記載された発明は、請求項1～請求項3のいずれかに記載された二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記二次元フォトニック結晶は、所定の屈折率を有する第1媒質と、第1媒質と屈折率が異なるとともに第1媒質内の直交する第1、第2方向に等しい間隔で配置された等しい大きさの第2媒質とを有し、第2媒質を頂点とした少なくとも一部の基本格子は、該基本格子の2つの対角線のいずれかに対して非対称に配される第3媒質を有することを特徴としている。この構成によると、例えば第1媒質中のランダムな位置に第3媒質が配置される。

【0025】また請求項5に記載された発明は、請求項4に記載された二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、基本格子の一辺の長さを $a$ とした時に、基本格子の一辺から幅 $0.1a$ の範囲または一辺の垂直二等分線から幅 $0.1a$ の範囲に第3媒質を配置したことを特徴としている。

【0026】また請求項6に記載された発明は、請求項4に記載された二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、基本格子の一辺の長さを $a$ とし、一の第2媒質を原点に第1、第2方向をX軸、Y軸とした時に、X、Y座標が $(na/4, ma/4)$  ( $n=0, 2, 4, m=1, 3$ ) または  $(na/4, ma/4)$  ( $n=1, 3$ )

$1, 3, m=0, 2, 4$ ) の点を中心とする半径 $0.1a$ の範囲に第3媒質を配置したことを特徴としている。

【0027】この構成によると、例えば、X、Y座標が $(0, a/4)$ や $(0, 3a/4)$ や $(a/4, a/2)$ の位置に第3媒質が配置される。

【0028】また請求項7に記載された発明は、請求項4に記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、第2媒質と第3媒質とが異なる大きさから成ることを特徴としている。

【0029】また請求項8に記載された発明は、請求項4～請求項7のいずれかに記載の二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、第2媒質と第3媒質とは同じ材質から成ることを特徴としている。

【0030】また請求項9に記載された発明は、請求項1～請求項3のいずれかに記載された二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記二次元フォトニック結晶は、所定の屈折率を有する第1媒質と、第1媒質と屈折率が異なるとともに第1媒質内の直交する第1、第2方向に等しい間隔で配置される第2媒質とを有し、第2媒質を頂点とした少なくとも一部の基本格子は、該基本格子の2つの対角線のいずれかに対して第2媒質の平面形状を非対称にしたことを特徴としている。この構成によると、第2媒質が第1、第2方向に周期的に配置され、第2媒質は例えば長径が第1方向に一致した橢円形に形成される。

【0031】また請求項10に記載された発明は、請求項1～請求項3のいずれかに記載された二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記二次元フォトニック結晶は、平面形状が矩形の媒質を密接して配列され、少なくとも一の媒質に対して直交する2方向に隣接する2つの媒質の屈折率が異なることを特徴としている。

【0032】この構成によると、二次元フォトニック結晶は隣接する媒質の屈折率が異なるように市松模様状に形成され、平面的に見て例えば第1媒質の上方に配される第2媒質と、第1媒質の左方に配される第3媒質との屈折率が異なる。第1媒質と対角な位置には第1～第3媒質を配置してもよいし、他の媒質を配置してもよい。また、第1媒質と第1媒質との間隔は、波長と同じか、先に定義した「点での波数ベクトルに対する条件を満たす周期であればよい。更に、基本格子は正方形であるが、各媒質の平面形状は正方形でなくてもよい。

【0033】また請求項11に記載された発明は、請求項10に記載された二次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記二次元フォトニック結晶は、等しい周期を持つ2つの一次元回折格子を周期方向が直交するよう接合して成ることを特徴としている。

【0034】この構成によると、例えば一次元の所定周期の溝を有して屈折率の異なる第1、第2媒質から成る第1、第2回折格子を接合し、第1、第2回折格子の溝が重なった部分の屈折率と、第1回折格子の溝と第2媒

質とが重なった部分の平均的な屈折率と、第2回折格子の溝と第1媒質とが重なった部分の平均的な屈折率と、第1媒質と第2媒質とが重なった部分の平均的な屈折率と、が互いに異なる二次元フォトニック結晶が形成される。

## 【0035】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施形態を図面を参照して説明する。説明の便宜上、従来例の図35と同一の部分については同一の符号を付している。図1は第1実施形態の二次元フォトニック結晶面発光レーザを示す斜視図である。二次元フォトニック結晶面発光レーザ1は、基板2上に下部クラッド層3、活性層4、上部クラッド層5が積層されている。下部クラッド層3中には活性層4の近傍に二次元フォトニック結晶10は内蔵されている。

【0036】二次元フォトニック結晶10は、例えばn型InPの半導体層に空孔を形成して構成され、屈折率の異なる媒質が二次元の所定周期で配列された正方格子から成っている。空孔内にはSiN等を充填してもよい。活性層4は、例えばInGaAs/InGaAsP系の半導体材料を用いた多重量子井戸構造から成っており、キャリアの注入により発光する。

【0037】下部クラッド層3は上記のように例えばn型InPの半導体から成り、上部クラッド層5は例えばp型InPの半導体から成っている。下部クラッド層3及び上部クラッド層5により活性層4を挟んでダブルヘテロ接合を形成し、キャリアを閉じこめて発光に寄与するキャリアを活性層に集中させるようになっている。上部クラッド層5の上面及び基板2の底面には金等から成る電極6、7が形成されている。電極6、7間に電圧を印加することにより活性層4が発光するようになっている。

【0038】図2は二次元フォトニック結晶10を示す平面図である。二次元フォトニック結晶10は、第1媒質11内に空孔等の第2媒質12を直交する二方向に同じ周期(格子間隔a)で形成した正方格子から成っている。基本となる格子間隔aは、Γ点での波数ベクトルに対する条件を満たす周期であれば何でもよいが、本実施形態では一般によく用いられるΓ点第2群(図36、S部参照)に相当する格子間隔aと発振波長とが等しい場合を用いて説明する。

【0039】二次元フォトニック結晶10には、第2媒質12を頂点とし、同じ大きさの第2媒質12の最小周期(a)を一辺とする正方形から成る基本格子E1が形成されている。また、第2媒質12の垂直な2方向にそれぞれ2周期に1箇所の割合で、第3媒質13が所定の位置に設けられている。

【0040】前述したように、活性層4から漏れた光は二次元フォトニック結晶10に入射する。二次元フォトニック結晶10の格子間隔aが所定の長さのとき、光は

二次元フォトニック結晶10により共振して増幅される。これにより、二次元フォトニック結晶面発光レーザ1が面発光してコヒーレントな光を出射する。この時、第3媒質13を含む基本格子E1は、対角線C1、C2のいずれに対しても非対称な位置に第3媒質13が配置されている。

【0041】尚、基本格子は同一の媒質が頂点に配置された正方形の格子で周期的な最小のものを指し、周期構造の最小単位である所謂単位格子とは異なる。従って、第3媒質13を頂点として、格子E2を基本格子とみなすこともできる。このように捉えても2つの対角線のいずれに対しても非対称な位置に第2媒質12が配されている。

【0042】このような構成の二次元フォトニック結晶10のΓ点付近のバンド図を図3に示す。同図は、波長入と格子間隔aとが一致する第2群(S部:図36参照)について示している。縦軸は光の周波数にa/cを乗じて無次元化した規格化周波数である。ここで、cは光速(単位:m/sec)を示しており、aは格子間隔(単位:m)を示している。横軸は、光の波数ベクトルを示している。

【0043】同図によると、二次元フォトニック結晶10は媒質の屈折率や大きさ等を適切に選択することによってΓ点第2群において4つの異なる共振周波数とそれぞれの共振周波数に応じた4つの異なる共振モードを有する。即ち、CモードとDモードとが異なる共振周波数を有し、図37で示した従来の二次元フォトニック結晶と異なり、モードの縮退がとかれている。

【0044】尚、基本格子E1のいずれか一方の対角線に対して非対称な屈折率分布を有していれば二次元フォトニック結晶のモードの縮退をとくことができる。例えば、図2において基本格子E1内の第3媒質13aに替えて第3媒質13bを一方の対角線C2上に配置してもよい。

【0045】図4～図7は二次元フォトニック結晶10がAモード、Bモード、Cモード、Dモードの共振状態を探っている時の電界分布、即ち、レーザ発振時の近視野像を示す図である。矢印は電界の方向及び大きさを示している。これらの図に示すように、各モードで電界の向きが一定になっている。即ち、偏光方向が一定になっている。

【0046】従って、図8にAモード及びDモードの遠視野の電界分布を示し、図9にBモード及びCモードの遠視野の電界分布を示すように、出射される光の偏光方向(電界の方向)が一定の二次元フォトニック結晶面発光レーザ1を得ることができる。

【0047】尚、A、Bモードでは、発光領域の中心部分で電界が打ち消し合う。その結果、発光領域の電極7で覆われた中心部分は非発光領域になっている。このため、周辺部のみが明るく中心部が暗いドーナツ状に発光

する。これに対して、C、Dモードでは、電界の打ち消しあいがなく、発光領域の全面から均一に発光する。従って、A、Bモードで使用する二次元フォトニック結晶面発光レーザよりもC、Dモードで使用する二次元フォトニック結晶面発光レーザの方がより望ましい。

【0048】また、第3媒質13は第1媒質11と異なる屈折率を有しているが、第2媒質12とは同じ屈折率であってもよい。また、第3媒質13は対角線C1、C2のいずれかに対して非対称であればどの位置に配置してもモードの縮退をとくことができる。例えばランダムな位置に配置してもよいが、以下に説明するような位置に配置するとより望ましい。

【0049】図10は、基本格子E1内に第3媒質13を配置した際に、光がフォトニック結晶の存在を感じる度合いを等高線で示した図である。斜線部が効果の大きい部分を示している。これによると、基本格子E1の各辺または、各辺の垂直二等分線上に第3媒質13を配置するとフォトニック結晶の存在を感じる度合いが最も大きく効果が高い。また、基本格子E1の各辺または各辺の垂直二等分線上から $0.1a (=a/10)$ の幅の範囲内であれば充分大きな効果を得ることができる。

【0050】図11は、基本格子E1内に第3媒質13を配置した際に、第3媒質13によって各モードの周波数の差を大きくする効果を等高線で示した図である。斜線部が効果の大きい部分を示している。これによると、基本格子E1の隣接する二辺の方向をX軸、Y軸とし、一の第2媒質12の位置を原点としたときに、X、Y座標が、 $(na/4, ma/4)$  ( $n=0, 2, 4, m=1, 3$ ) または  $(na/4, ma/4)$  ( $n=1, 3, m=0, 2, 4$ ) の点に配置すると各モードの周波数の差を大きくする効果が最も大きい。また、これらの点から半径 $0.1a (=a/10)$ の範囲内であれば充分大きな効果を得ることができる。

【0051】例えば、X、Y座標が $(0, a/4)$ 、 $(0, 3a/4)$ 、 $(a/4, a/2)$ の位置に第3媒質を配置すると、光はフォトニック結晶の存在を充分強く感じ、フォトニック結晶の効果が強く出る上、各モードの周波数の差を大きくとることができる。

【0052】また、図12の第2実施形態に示すように、第3媒質13を直交する2方向の1周期毎に設けてもよい。この場合、基本格子を格子E3と捉えても2つの対角線に対して非対称になっている。図13の第3実施形態に示すように、第2媒質12が周期的に配列された基本格子E1'の対角でない2箇所を第3媒質13に置換してもよい。その結果、基本格子E1は元の基本格子E1'に対して一辺の長さが変わり、対角線に対して非対称になる。また、第3媒質13を頂点とする格子E5を基本格子として捉えても同じである。

【0053】第1～第3実施形態において、第3媒質13を第2媒質12の短い周期毎に設ける方が長い周期毎

に設ける場合よりも縮退をとく効果が大きく各共振周波数の差を大きくすることができる。これにより、使用する共振モードを容易に選択することができる。また、第3媒質13の大きさが大きい方が小さい場合よりも縮退をとく効果を大きくすることができる。

【0054】尚、図14～図17は基本格子の2つの対角線の何れに対しても屈折率の分布が対称である。図14に示すように、基本格子E1の対角線の中点に第3媒質13を設けた場合は、基本格子E1の両方の対角線に対して屈折率分布が対称となるため出射光の偏光方向を一定にすることができる。この時、基本格子を第3媒質13を頂点とする格子E6と捉えても同じである。

【0055】図15に示すように、基本格子E1の2周期毎に対角線の中点に第3媒質13を設けた場合も同様に基本格子E1の両方の対角線に対して屈折率分布が対称となる。基本格子を格子E7、E8と捉えても同じである。尚、格子E20は第2媒質12を頂点としているが、一辺が第2媒質12の最小の周期ではないため基本格子と捉えることはできない。

【0056】図16に示すように、第2媒質12が周期的に配列された基本格子E1'の1箇所を2周期毎に第3媒質13に置き換えた場合も同様に、新たな基本格子E1の両方の対角線に対して屈折率分布が対称となる。基本格子を格子E10と捉えても同じである。

【0057】図17に示すように、第2媒質12が周期的に配列された基本格子E1'の1箇所を2周期毎に大きな異なる同じ材質の第3媒質13に置き換えた場合も同様に、新たな基本格子E1の両方の対角線に対して屈折率分布が対称となる。基本格子を格子E9と捉えても同じである。尚、格子E21は同じ材質の第2、第3媒質12、13を頂点としているが、大きさが異なるため基本格子と捉えることはできない。

【0058】図18は第4実施形態の二次元フォトニック結晶面発光レーザに搭載される二次元フォトニック結晶を示す平面図である。本実施形態の二次元フォトニック結晶20は、第1媒質11内に断面楕円形の第2媒質12が直交する二方向に同じ周期で配列されている。その他の構成は第1実施形態と同一である。

【0059】本実施形態において、第1媒質11と第2媒質12との屈折率が異なるため、第2媒質12を頂点とした正方形から成る基本格子E1の2つの対角線C1、C2のいずれに対しても屈折率分布が非対称になっている。

【0060】このような構成の二次元フォトニック結晶20の第2群（S部：図36参照）のバンド図を図19に示す。縦軸は光の周波数に $a/c$ を乗じて無次元化した規格化周波数を示し、横軸は光の波数ベクトルを示している。二次元フォトニック結晶20は媒質の屈折率や大きさ等を適切に選択することによって「点第2群において4つの異なる共振周波数とそれぞれの共振周波数に

応じた4つの異なる共振モードを有する。即ち、CモードとDモードとが異なる共振周波数を有しており、二次元フォトニック結晶20のモードの縮退がとかれてい る。

【0061】図20～図23は二次元フォトニック結晶20がそれぞれAモード、Bモード、Cモード、Dモードの共振状態を探っている時の電界分布、即ちレーザ発振時の近視野像を示す図である。矢印は電界の方向及び大きさを示している。これらの図に示すように、各モードで電界の向きが一定になっている。即ち、偏光方向が一定になっている。従って、出射される光の偏光方向（電界の方向）が一定の二次元フォトニック結晶面発光レーザ1を得ることができる。

【0062】また、図24の第5実施形態に示すように、断面形状が橢円形の第2媒質12を周期方向に対して傾斜して配置してもよい。更に、図25の第6実施形態に示すように、第2媒質12の断面形状を長方形にしても同様の効果を得ることができる。

【0063】図26は第7実施形態の二次元フォトニック結晶面発光レーザを示す分解斜視図である。説明の便宜上、前述の図1に示す第1実施形態と同様の部分には同一の符号を付している。二次元フォトニック結晶面発光レーザ9は、基板2上に下部クラッド層8、3、活性層4、上部クラッド層5が積層されている。これらは第1実施形態と同様の材質により同様に形成されており、下部クラッド層3、8は同じ材料でもよいし異なる材料でもよい。基板2の底面及び上部クラッド層5の上面には金等から成る電極6、7が形成されている。

【0064】下部クラッド層8の上面及び下部クラッド層3の下面には、それぞれ一次元の同じ周期で形成された溝から成る一次元回折格子8a、3aが設けられている。一次元回折格子8a、3aは周期方向が互いに直交するように接合されている。これにより、二次元の周期構造を有する二次元フォトニック結晶30が形成されている。

【0065】図27は二次元フォトニック結晶30を示す平面図である。一次元回折格子8a、3aは、それぞれ溝部8b、3b及び陸部8c、3cを有している。溝部8bと溝部3bとが重なったF1部は空気と同じ屈折率を有している。陸部8cと溝部3bとが重なったF2部は下部クラッド層8の屈折率と空気の屈折率との平均的な屈折率を有している。溝部8bと陸部3cとが重なったF3部は下部クラッド層3の屈折率と空気の屈折率との平均的な屈折率を有している。陸部8cと陸部3cとが重なったF4部は下部クラッド層8の屈折率と下部クラッド層3の屈折率との平均的な屈折率を有している。

【0066】また、活性層4から一次元回折格子3aまでの距離が一次元回折格子8aまでの距離よりも短いため、一次元回折格子3aに到達する光の強度は一次元回

折格子8aに到達する光の強度よりも大きい。このため、F3部の平均的な屈折率は空気の屈折率よりも下部クラッド層3の屈折率の影響が大きくなり、F2部の平均的な屈折率は下部クラッド層8の屈折率よりも空気の屈折率の影響が大きい。従って、下部クラッド層8と下部クラッド層3とが同じ屈折率であってもF2部とF3部とは異なる屈折率を有している。

【0067】その結果、図28に示すように、二次元フォトニック結晶30は異なる屈折率で断面形状が矩形の第1、第2、第3、第4媒質31、32、33、34が市松模様状に密接して配列されている。これにより、例えば第1媒質31が直交する2方向に周期的に配列され、二次元フォトニック結晶30は正方格子から成っている。そして、第1媒質31を頂点とした正方形から成る基本格子E1は2つの対角線のいずれに対しても非対称な屈折率分布になっている。

【0068】二次元フォトニック結晶30の第2群（図36のS部参照）のバンド図を図29に示す。縦軸は光の周波数にa/cを乗じて無次元化した規格化周波数を示し、横軸は光の波数ベクトルを示している。二次元フォトニック結晶30は、媒質の屈折率や大きさ等を適切に選択することによって「点第2群において4つの異なる共振周波数とそれぞれの共振周波数に応じた4つの異なる共振モードを有する。即ち、CモードとDモードとが異なる共振周波数を有しており、二次元フォトニック結晶30のモードの縮退がとかれている。

【0069】図30～図33はそれぞれ二次元フォトニック結晶30がAモード、Bモード、Cモード、Dモードの共振状態を探っている時の電界分布、即ちレーザ発振時の近視野像を示す図である。矢印は電界の方向及び大きさを示している。これらの図に示すように、各モードで電界の向きが一定になっている。即ち、偏光方向が一定になっている。従って、出射される光の偏光方向（電界の方向）が一定の二次元フォトニック結晶面発光レーザ9を得ることができる。

【0070】尚、一次元回折格子8a、3aは周期が同じであればよく、デューティー比は同一でなくてもよい。また、本実施形態のように一次元回折格子を接合する場合だけでなく、前述の図28に示すように平面形状が矩形の異なる屈折率の媒質を密接し、一の媒質（例えば第1媒質31）に対して直交する二方向に隣接した2つの媒質（例えば第2、第3媒質32、33）を互いに異なる屈折率にすることにより、縮退をといた二次元フォトニック結晶を得ることができる。

【0071】この時、一の媒質の間隔は、波長と同じか、先に定義した「点での波数ベクトルに対する条件を満たす周期であればよい。また、基本格子は正方形であるが、各媒質の平面形状は正方形でなくてもよい。更に、一の媒質（第1媒質31）に対して斜め方向に配される第4媒質34は、第1～第3媒質31～33のいず

れかと同じ屈折率であってもよい。

【0072】図34は第1～第7実施形態の活性層4の利得の周波数特性を示している。縦軸は活性層の利得を示しており、横軸は周波数を示している。同図に示すように、活性層4は周波数に対して異なる利得を有している。従って、第1～第7実施形態において、活性層4の利得の極大値となる周波数で共振するように二次元フォトニック結晶の媒質の屈折率、媒質の大きさ、格子間隔等を選択することにより、二次元フォトニック結晶面発光レーザから効率良く光を出射して省電力化を図ることができる。また、モード間の周波数差を大きくすれば、使用的共振モードの選択性がよくなる。

### 【0073】

【発明の効果】請求項1の発明によると、二次元フォトニック結晶は、基本格子が対角線に対して非対称な屈折率の分布を有するので、モードの縮退がとかれ、偏光方向が一定の偏光を出射する二次元フォトニック結晶面発光レーザを得ることができる。

【0074】また請求項2の発明によると、二次元フォトニック結晶のモードの縮退をとくことにより、偏光方向が一定の偏光を出射する二次元フォトニック結晶面発光レーザを得ることができる。

【0075】また請求項3の発明によると、活性層の利得の極大値をとる周波数と二次元フォトニック結晶が共振する周波数とを一致させているので、二次元フォトニック結晶面発光レーザから効率良く光を出射して省電力化を図ることができる。

【0076】また請求項4の発明によると、第1媒質中に配される第2媒質を頂点とする基本格子の2つの対角線に対して第3媒質を非対称に配することにより、簡単に非対称な屈折率分布を有する二次元フォトニック結晶を得ることができる。

【0077】また請求項5の発明によると、基本格子の一辺の長さをaとした時に、基本格子の一辺から幅0.1aの範囲または一辺の垂直二等分線から幅0.1aの範囲に第3媒質を配置することにより、光がフォトニック結晶を感じる度合いが向上して容易に縮退をとくことができる。

【0078】また請求項6の発明によると、基本格子の一辺の長さをaとし、一の第2媒質を原点に第1、第2方向をX軸、Y軸とした時に、X、Y座標が( $na/4, ma/4$ ) ( $n=0, 2, 4, m=1, 3$ ) または ( $na/4, ma/4$ ) ( $n=1, 3, m=0, 2, 4$ ) の点を中心とする半径0.1aの範囲に第3媒質を配置することにより、欠陥導入により縮退をとく効果を向上させることができる。

【0079】また請求項7の発明によると、第2媒質と第3媒質とを異なる大きさにすることによって第2、第3媒質が同じ屈折率であっても容易に非対称な屈折率分布を形成することができる。

【0080】また請求項8の発明によると、第2媒質と第3媒質とを同じ材質により形成することによって、第2、第3媒質を同時に形成することができ、より簡単に非対称な屈折率分布を形成することができる。

【0081】また請求項9の発明によると、第1媒質中に配される第2媒質を頂点とする基本格子の2つの対角線に対して第2媒質の平面形状を非対称にすることにより、簡単に非対称な屈折率分布を有する二次元フォトニック結晶を得ることができる。

【0082】また請求項10の発明によると、平面形状が矩形の媒質を密接して市松模様状に配列して一の媒質に対して直交する2方向に隣接する2つの媒質の屈折率が異なるようにすることによって、簡単に非対称な屈折率分布を有する二次元フォトニック結晶を得ることができる。

【0083】また請求項11の発明によると、2つの一次元回折格子を周期方向が直交するように接合することによって、市松模様状に配列された二次元フォトニック結晶を容易に得ることができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶面発光レーザを示す分解斜視図である。

【図2】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図3】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶の第2群のバンド図である。

【図4】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶のAモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図5】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶のBモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図6】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶のCモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図7】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶のDモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図8】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶のA、Dモードの遠視野の電界分布を示す図である。

【図9】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶のB、Cモードの遠視野の電界分布を示す図である。

【図10】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶の欠陥の位置による回折効果を示す図である。

【図11】 本発明の第1実施形態の二次元フォトニック結晶の欠陥の位置による電界方向を揃える効果を示す図である。

【図12】 本発明の第2実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図13】 本発明の第3実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図14】 二次元フォトニック結晶の欠陥の位置によ

る対称性を説明する平面図である。

【図15】 二次元フォトニック結晶の欠陥の配置による対称性を説明する平面図である。

【図16】 二次元フォトニック結晶の欠陥の配置による対称性を説明する平面図である。

【図17】 二次元フォトニック結晶の欠陥の配置による対称性を説明する平面図である。

【図18】 本発明の第4実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図19】 本発明の第4実施形態の二次元フォトニック結晶の第2群のバンド図である。

【図20】 本発明の第4実施形態の二次元フォトニック結晶のAモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図21】 本発明の第4実施形態の二次元フォトニック結晶のBモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図22】 本発明の第4実施形態の二次元フォトニック結晶のCモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図23】 本発明の第4実施形態の二次元フォトニック結晶のDモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図24】 本発明の第5実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図25】 本発明の第6実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図26】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶面発光レーザを示す分解斜視図である。

【図27】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図28】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図29】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶の第2群のバンド図である。

【図30】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶のAモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図31】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶のBモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図32】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶のCモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図33】 本発明の第7実施形態の二次元フォトニック結晶のDモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図34】 活性層により発光する光の周波数に対する利得を示す図である。

【図35】 従来の二次元フォトニック結晶を示す平面図である。

【図36】 従来の二次元フォトニック結晶のバンド図である。

【図37】 従来の二次元フォトニック結晶の第2群のバンド図である。

【図38】 従来の二次元フォトニック結晶のAモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図39】 従来の二次元フォトニック結晶のBモードの近視野の電界分布を示す図である。

【図40】 従来の二次元フォトニック結晶のAモードの遠視野の電界分布を示す図である。

【図41】 従来の二次元フォトニック結晶のBモードの遠視野の電界分布を示す図である。

#### 【符号の説明】

1、9 二次元フォトニック結晶面発光レーザ

2 基板

3、8 下部クラッド層

3a、8a 一次元回折格子

4 活性層

5 上部クラッド層

6、7 電極

10、20、30、40 二次元フォトニック結晶

11、31 第1媒質

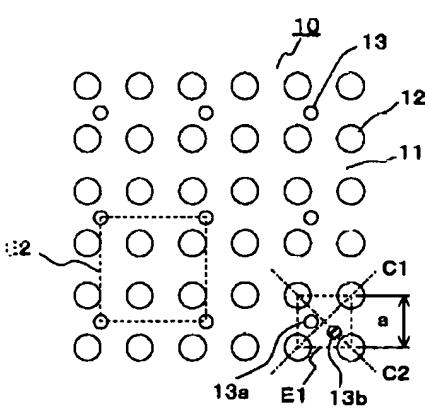
12、32 第2媒質

13、33 第3媒質

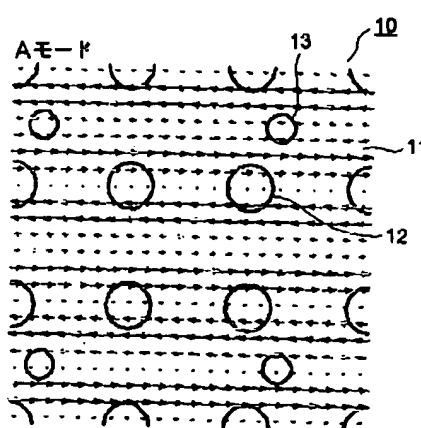
34 第4媒質

E1 基本格子

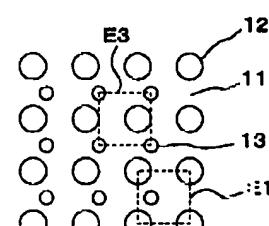
【図2】



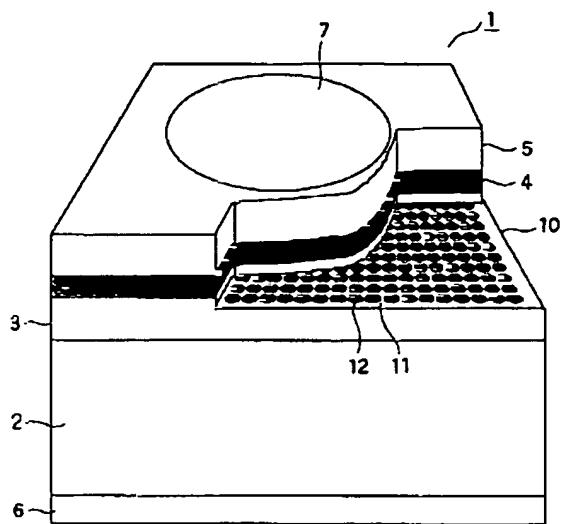
【図4】



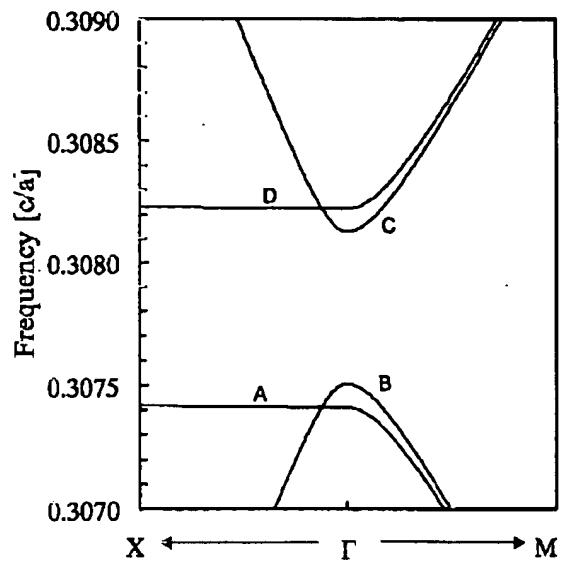
【図12】



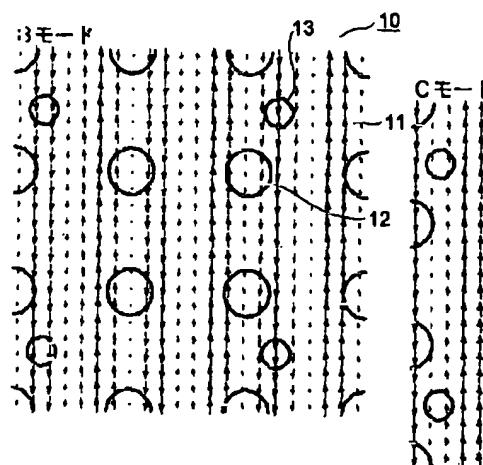
【図1】



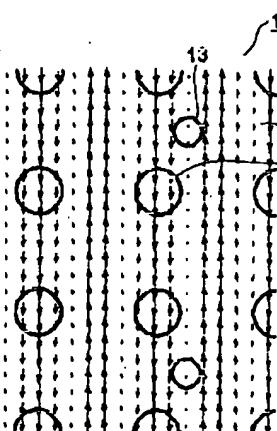
【図3】



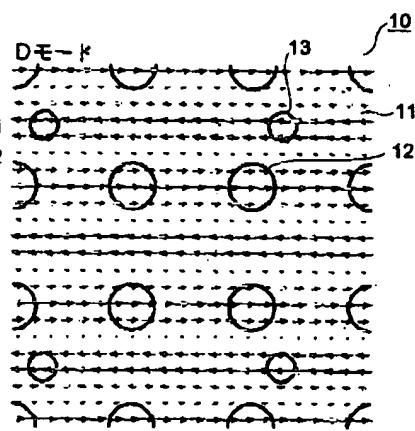
【図5】



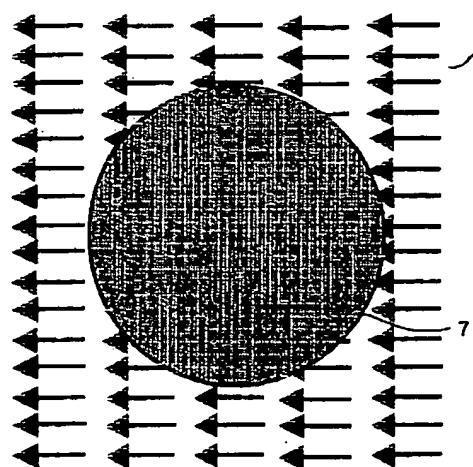
【図6】



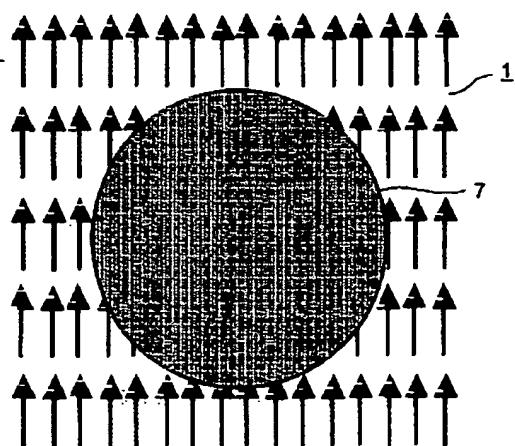
【図7】



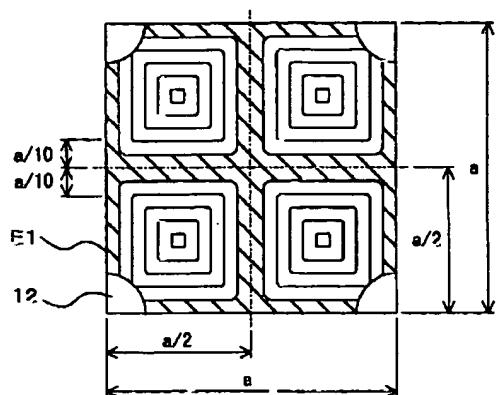
【図8】



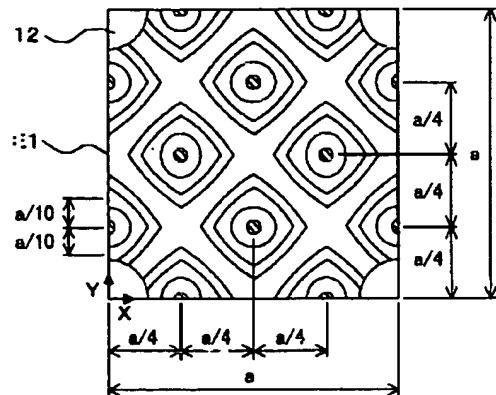
【図9】



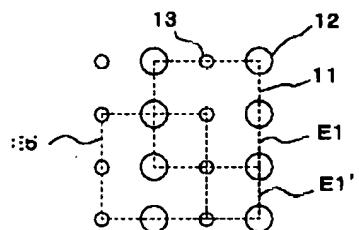
【図10】



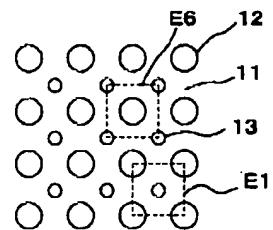
【図11】



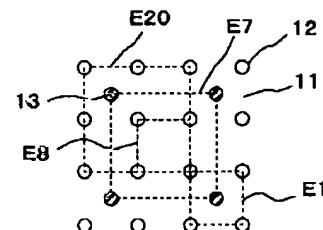
【図13】



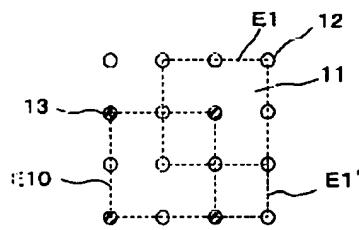
【図14】



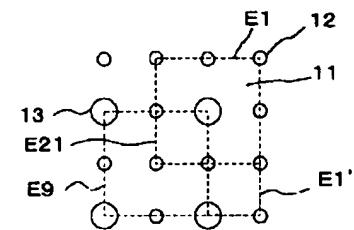
【図15】



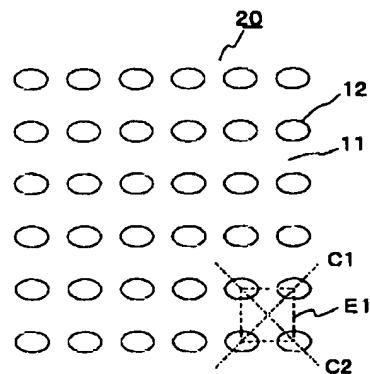
【図16】



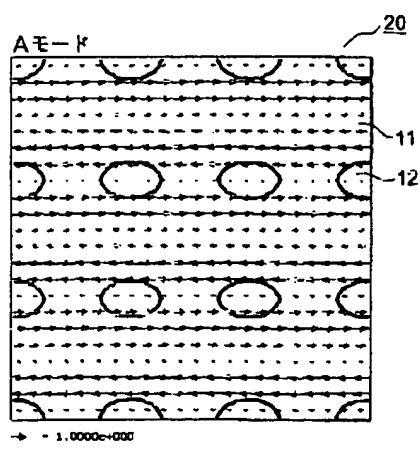
【図17】



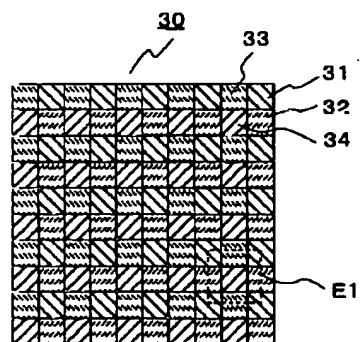
【図18】



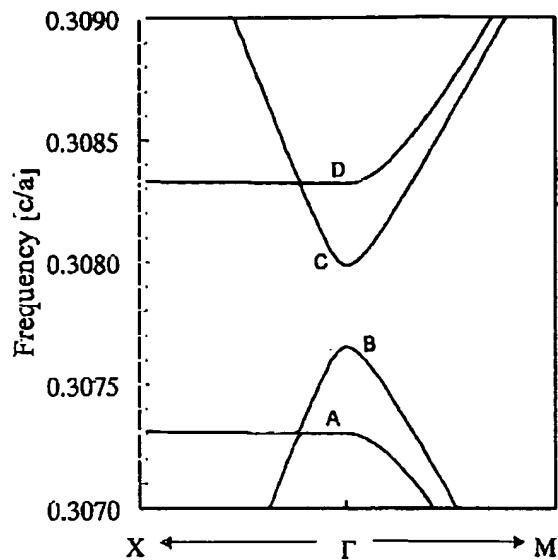
【図20】



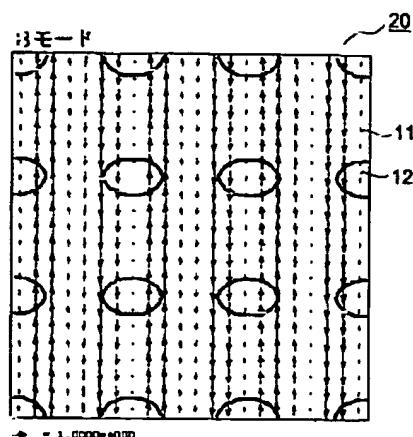
【図28】



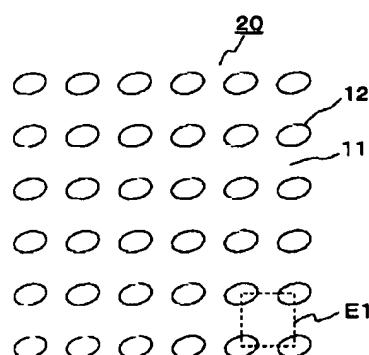
【図19】



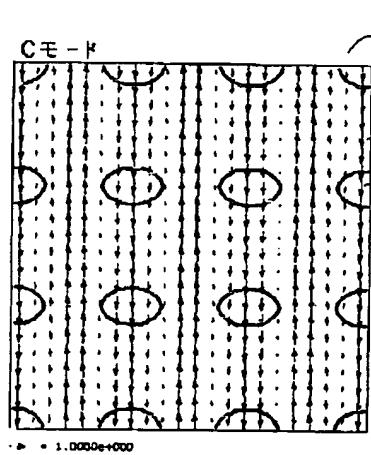
【図21】



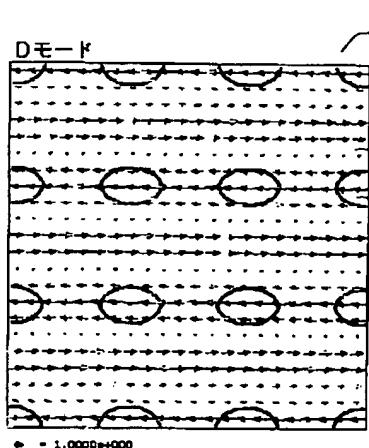
【図24】



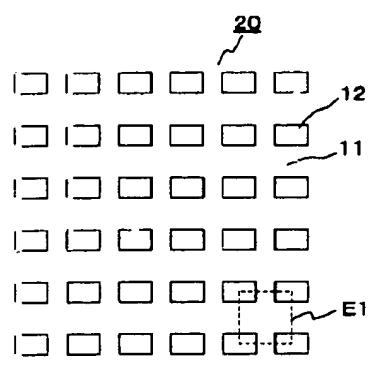
【図22】



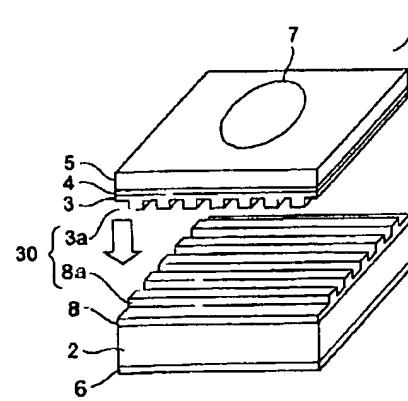
【図23】



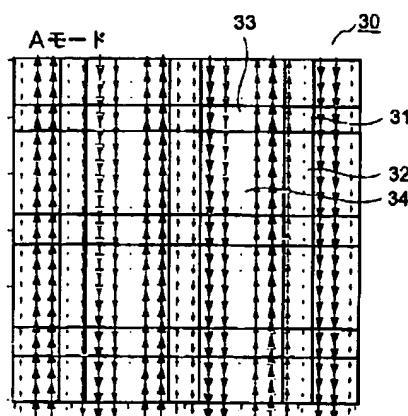
【図25】



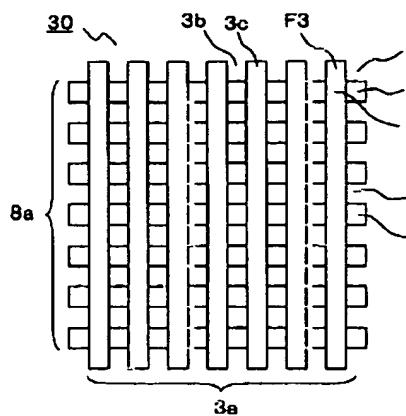
【図26】



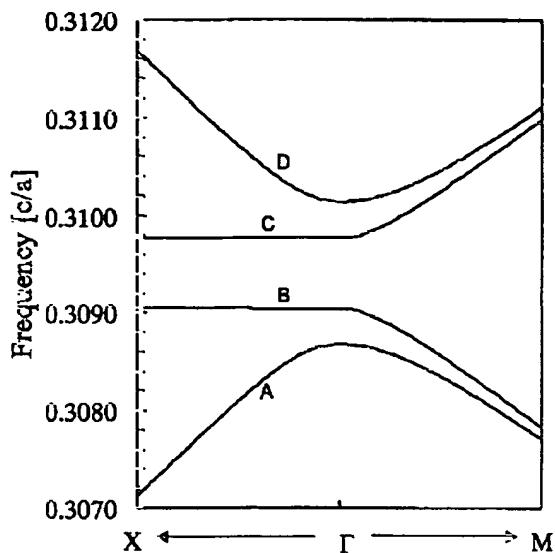
【図30】



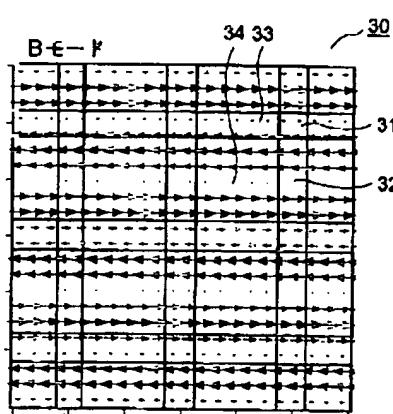
【図27】



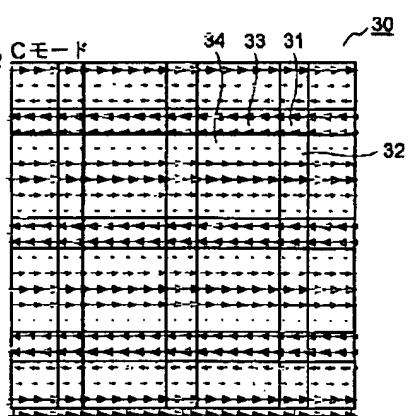
【図29】



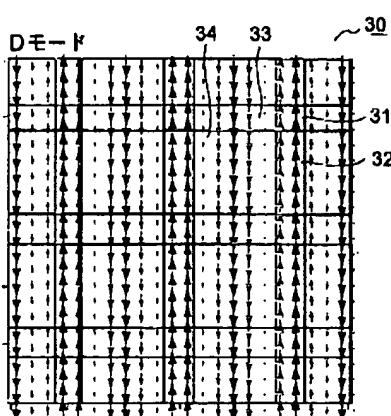
【図31】



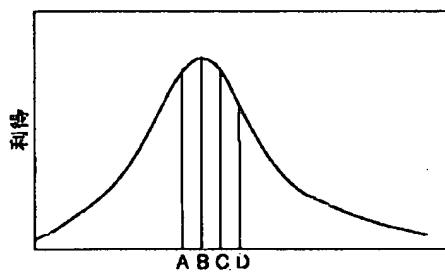
【図32】



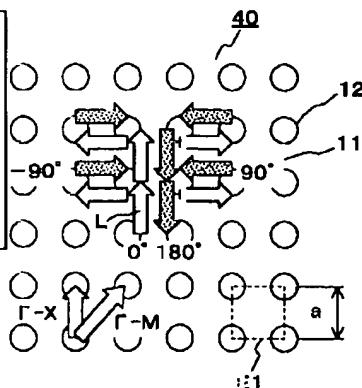
【図33】



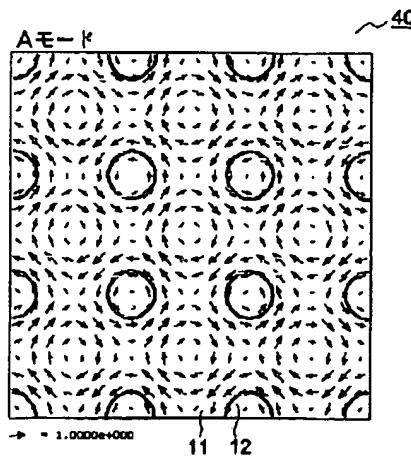
【図34】



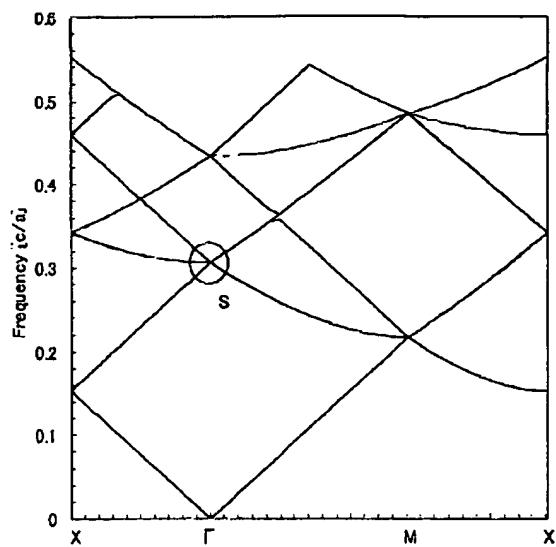
【図35】



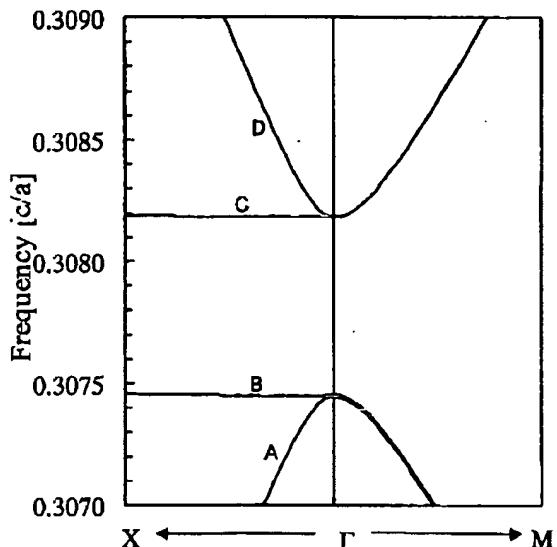
【図38】



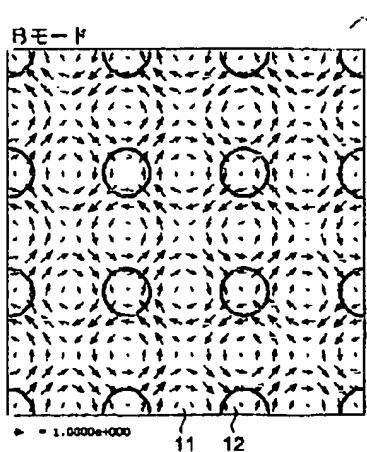
【図36】



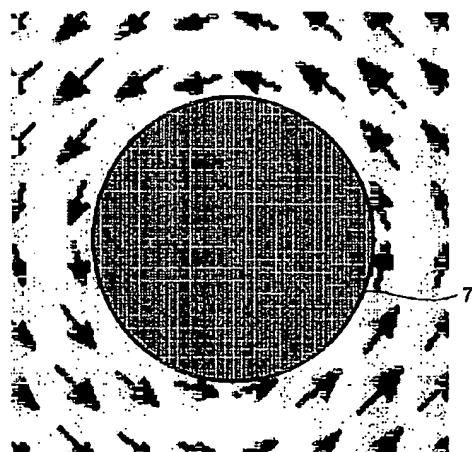
【図37】



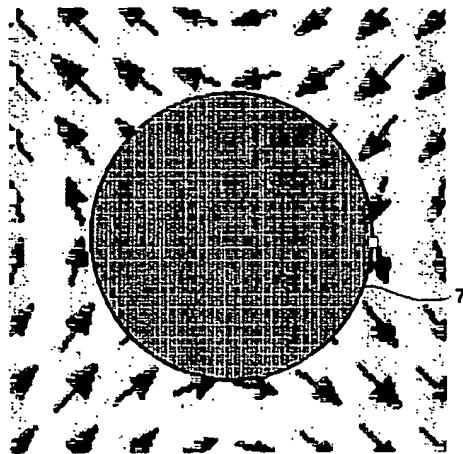
【図39】



【図40】



【図41】



---

フロントページの続き

(72)発明者 横山 光

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 波多野 卓史

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内

F ターム(参考) 5F072 AB13 AK10 JJ20 KK07  
5F073 AA89 AB20 CA02 EA22

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-023193

(43)Date of publication of application : 24.01.2003

---

(51)Int.Cl. H01S 3/06

H01S 5/18

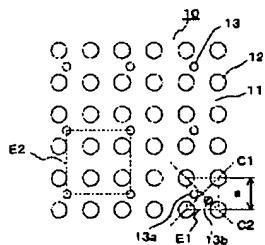
---

(21)Application number : 2001-204315 (71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP  
MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 05.07.2001 (72)Inventor : NODA SUSUMU  
YOKOYAMA HIKARI  
HATANO TAKUJI

---

## (54) TWO-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTAL SURFACE EMISSION LASER



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a two-dimensional photonic crystal surface emission laser which can emit light having a constant direction of polarization.

**SOLUTION:** The two-dimensional photonic crystal surface emission laser 1 comprises a two-dimensional photonic crystal 10 where media having different refractive index are arranged, at a two-dimensional period, in the vicinity of an active layer 4 emitting light upon injection of carriers wherein the two-dimensional photonic crystal 10 comprises tetragonal lattices having a constant lattice interval (a) in the orthogonal direction and a basic lattice E1 of square having the vertex of one medium 12 has refractive index distribution asymmetric to any one of two diagonals C1 and C2 of the basic lattice E1.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.05.2003

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3561244

[Date of registration] 04.06.2004

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which arranged the 2-dimensional photograph nick crystal with which the medium by which refractive indexes differ was arranged with the period of 2-dimensional one near the barrier layer which emits light by impregnation of a carrier While said 2-dimensional photograph nick crystal consists of the tetragonal lattice which arranged the medium of 1 periodically by regular intervals to the 2-way which intersects perpendicularly 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser with which some [ at least ] primitive lattices which consist of the square which made the medium of 1 top-most vertices and made one side the minimum period of the medium of 1 of the same magnitude are characterized by having distribution of an unsymmetrical refractive index to either of the two diagonal lines of this primitive lattice.

[Claim 2] 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser characterized by dispelling degeneration in the mode in gamma point of said 2-dimensional photograph nick crystal in the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which arranged the 2-dimensional photograph nick crystal with which the medium by which refractive indexes differ was arranged with the period of 2-dimensional one near the barrier layer which emits light by impregnation of a carrier.

[Claim 3] 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 1 or 2 characterized by making in agreement the frequency which takes the maximal value of the gain of said barrier layer, and the frequency

in which said 2-dimensional photograph nick crystal resonates.

[Claim 4] The 1st medium by which said 2-dimensional photograph nick crystal has a predetermined refractive index, Are [ having been arranged at spacing equal to the 1st and 2nd direction in which it intersects perpendicularly in the 1st medium while the 1st medium differs from a refractive index, etc. and ] by carrying out, and it has the 2nd medium of magnitude. Some [ at least ] primitive lattices which made the 2nd medium top-most vertices are 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 1 to 3 characterized by having the 3rd medium asymmetrically arranged to either of the two diagonal lines of this primitive lattice.

[Claim 5] 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 4 characterized by having arranged the 3rd medium in the range of width-of-face 0.1a from the range of width-of-face 0.1 from one side of primitive lattice a, or the perpendicular bisector of one side when die length of one side of a primitive lattice is set to a.

[Claim 6] Die length of one side of a primitive lattice is set to a. At a zero the 1st and 2nd direction for the 2nd medium of 1 The X-axis, When it considers as a Y-axis, X, Y coordinate ( $na/4, ma/4$ ) () n= 0, 2 and 4, and m= -- 1 and 3 -- or -- ( $na/4, ma/4$ ) (n= 1, 3, m= 0, 2, 4) 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 4 characterized by having arranged the 3rd medium in the range of radius 0.1a centering on a point.

[Claim 7] 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 4 characterized by consisting of the magnitude from which the 2nd medium and the 3rd medium differ.

[Claim 8] The 2nd medium and the 3rd medium are 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 4 to 7 characterized by consisting of the same quality of the material.

[Claim 9] The 1st medium by which said 2-dimensional photograph nick crystal has a predetermined refractive index, Some [ at least ] primitive lattices which have the 2nd medium arranged at spacing equal to the 1st and 2nd direction in

which it intersects perpendicularly in the 1st medium while the 1st medium differs from a refractive index, and made the 2nd medium top-most vertices 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 1 to 3 characterized by making the flat-surface configuration of the 2nd medium unsymmetrical to either of the two diagonal lines of this primitive lattice.

[Claim 10] Said 2-dimensional photograph nick crystal is 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 1 to 3 characterized by the refractive indexes of two media which adjoin the 2-way which a flat-surface configuration is close, is arranged in a rectangular medium, and intersects perpendicularly to the medium of at least 1 differing.

[Claim 11] Said 2-dimensional photograph nick crystal is 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 10 characterized by joining and changing so that the periodic direction may intersect perpendicularly two single dimension diffraction gratings with an equal period.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention has a 2-dimensional photograph nick crystal, and relates to the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser in which field luminescence is possible.

[0002]

[Description of the Prior Art] A 2-dimensional photograph nick crystal is arranged near the barrier layer, and the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which carries out field luminescence by resonance of a 2-dimensional photograph nick crystal is indicated by JP,2000-332351,A. As for the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser of this official report, the laminating of a lower cladding layer, a barrier layer, and the up cladding layer is carried out on the substrate. In the lower cladding layer, the 2-dimensional photograph nick crystal is built in near the barrier layer.

[0003] A 2-dimensional photograph nick crystal forms a hole in the semi-conductor layer of the n mold InP, and is constituted, and the medium by which refractive indexes differ consists of the triangular grid and tetragonal lattice which were arranged the predetermined period of 2-dimensional one. It may be filled up with SiN etc. in a hole. The barrier layer consists of the multiplex quantum well structure where the semiconductor material of for example, an InGaAs/InGaAsP system was used, and emits light by impregnation of a carrier.

[0004] Moreover, a lower cladding layer consists of the semi-conductor of the n mold InP as mentioned above, and the up cladding layer consists of the semi-conductor of the p mold InP. On both sides of a barrier layer, terrorism junction is formed in double by the lower cladding layer and the up cladding layer, and the carrier which shuts up a carrier and is contributed to luminescence is centralized on a barrier layer.

[0005] The electrode which consists of gold etc. is formed in the top face of an up cladding layer, and the base of a substrate. By impressing an electrical potential difference to inter-electrode, a barrier layer emits light and the light which leaked from the barrier layer carries out incidence to a 2-dimensional photograph nick crystal. The light whose wavelength corresponds with the lattice spacing of a 2-

dimensional photograph nick crystal resonates with a 2-dimensional photograph nick crystal, and is amplified. Thereby, 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser carries out field luminescence, and carries out outgoing radiation of the coherent light.

[0006] For example, a resonance operation is explained about the 2-dimensional photograph nick crystal which consists of a tetragonal lattice as shown in drawing 35 . The 2-dimensional photograph nick crystal 40 consists of the tetragonal lattice which formed the 2nd medium 12, such as a hole, in the 1st medium 11 the same period as two directions which intersect perpendicularly. The tetragonal lattice has the typical direction of the direction of gamma-X, and the direction of gamma-M. If spacing (henceforth a "lattice spacing") of the 2nd medium 12 which adjoins in the direction of gamma-X is set to a, the grid (henceforth a "primitive lattice") E1 to which one side which made the 2nd medium 12 the lattice point changes from the square of a is formed.

[0007] If the light L whose wavelength lambda corresponds with the lattice spacing a of a primitive lattice E1 advances in the direction of gamma-X, Light L will be diffracted in the lattice point. Among these, only the light diffracted in the direction (0 degree, \*\*90 degrees, and 180 degrees) to the travelling direction of light fulfills a Bragg condition. Furthermore, since the lattice point exists also in the travelling direction of the light diffracted in the direction (0 degree, \*\*90 degrees, and 180 degrees), the diffracted light is again diffracted in the direction (0 degree, \*\*90 degrees, and 180 degrees) to a travelling direction.

[0008] Since the diffracted light will return at the original lattice point if Light L repeats the diffraction of 1 time or multiple times, a resonance operation arises. Moreover, the light diffracted in the direction perpendicular to space also fulfills a Bragg condition. For this reason, outgoing radiation of the light amplified by resonance will be carried out through an up cladding layer, and it will have a field luminescence function. Moreover, since this phenomenon occurs in all the lattice points, coherent laser oscillation is possible throughout the inside of a field.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Drawing 36 is the band Fig. of the 2-dimensional photograph nick crystal 40 of the structure shown in above-mentioned drawing 35 . An axis of ordinate is the normalized radiam frequency which multiplied by it and formed a/c into the-less dimension in the frequency of light. Here, c shows the velocity of light (unit: m/sec), and a shows the lattice spacing (unit: m). The axis of abscissa shows the wave number vector of light.

[0010] In this drawing, each line is understood that the location which the dispersion relation of light is shown, the inclination serves as zero, the group velocity of light serves as zero in some locations, and a resonance operation produces exists. As gamma point was mentioned above especially, in order that not only field inboard but the light diffracted in the direction perpendicular to a field may fulfill a Bragg condition, it becomes possible to take out a coherent light obtained as a result of resonating by field inboard in the direction perpendicular to a field.

[0011] In addition, gamma point is defined as follows. When the primitive translation vectors  $a_1$  and  $a_2$  of a grid set the unit vector of rectangular coordinates to x and y to the tetragonal lattice of a lattice spacing  $a$ , it is expressed  $a_1=aya_2=ay$ .

[0012] The reciprocal-lattice fundamental vectors  $b_1$  and  $b_2$  are expressed as  $b_1=(2\pi/a) yb_2=(2\pi/a) x$  to the advancing-side-by-side vectors  $a_1$  and  $a_2$ .

[0013] A point with a value as which wave number vector  $k$  of light is expressed in a formula (1) is called gamma point using the reciprocal-lattice fundamental vectors  $b_1$  and  $b_2$ .

[0014]  $k=nb_1+mb_2 \dots (1)$

Here, n and m are the integers of arbitration.

[0015] Therefore, if the wave number vector of light is gamma point of filling the formula (1), the above-mentioned phenomenon will produce every band. Usually, by 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser, as shown in the S section in drawing, the band of the 2nd group in which a lattice spacing  $a$  carries out equality to it being equal to wavelength  $\lambda$  is used.

[0016] When the detail of the S section is shown in drawing 37 , a 2-dimensional photograph nick crystal has the frequency to which four group velocity, A, B, C, and D, becomes order from the one where a frequency is lower with zero, i.e., resonance frequency. Hereafter, the resonance state in a C mode and resonance frequency D is called [ the resonance state in resonance frequency A / the resonance state in A mode and resonance frequency B ] D mode for the resonance state in an B mode and resonance frequency C.

[0017] Drawing 38 and drawing 39 show electric-field distribution when the 2-dimensional photograph nick crystal has taken the resonance state of A mode and an B mode, respectively, and this is equivalent to the near-field pattern at the time of laser oscillation. The arrow head shows the direction and magnitude of electric field. As shown in these drawings, the sense of electric field has not gathered in A mode and an B mode. That is, the polarization direction is not fixed. For this reason, if electric-field distribution of the long-sight field of A mode and an B mode is shown in drawing 40 and drawing 41 , in A mode, the polarization direction will become the polarization turning around the perimeter of an electrode 7, and the polarization direction will become polarization of a radial centering on an electrode 7 in an B mode.

[0018] Moreover, a C mode and D mode are degenerating and produce this resonance state on the same frequency. For this reason, polarization is determined by the linear combination of the electric-field distribution by the C mode, and the electric-field distribution by D mode at gamma point. Therefore, it is not decided that the polarization direction will be a meaning but it is unstable.

[0019] As mentioned above, according to the conventional 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser, even if it forms so that it may resonate in the mode of four resonance mode (C mode and D mode are resonance mode of three parenchyma since it is degenerating) throats of a 2-dimensional photograph nick crystal, the polarization direction of the light by which outgoing radiation is carried out has not gathered. Therefore, there was a problem which cannot be used in the equipment using the polarization with the

fixed polarization direction.

[0020] This invention aims at offering the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser with which the polarization direction can carry out outgoing radiation of the fixed polarization.

[0021]

[Means for Solving the Problem] Invention indicated by claim 1 in order to attain the above-mentioned purpose In the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which arranged the 2-dimensional photograph nick crystal with which the medium by which refractive indexes differ was arranged with the period of 2-dimensional one near the barrier layer which emits light by impregnation of a carrier While said 2-dimensional photograph nick crystal consists of the tetragonal lattice which arranged the medium of 1 periodically by regular intervals to the 2-way which intersects perpendicularly Some [ at least ] primitive lattices which consist of the square which made the medium of 1 top-most vertices and made one side the minimum period of the medium of 1 of the same magnitude are characterized by having distribution of an unsymmetrical refractive index to either of the two diagonal lines of this primitive lattice.

[0022] Moreover, invention indicated by claim 2 is characterized by dispelling degeneration in the mode in gamma point of said 2-dimensional photograph nick crystal near the barrier layer which emits light by impregnation of a carrier in the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser which arranged the 2-dimensional photograph nick crystal with which the medium by which refractive indexes differ was arranged with the period of 2-dimensional one. According to this configuration, a 2-dimensional photograph nick crystal has degeneration dispelled by breaking down the symmetric property of a crystal etc. Consequently, it can be made to resonate on four different frequencies in the 2nd group of a band Fig. by selection of the refractive index of a medium, magnitude, etc.

[0023] Moreover, invention indicated by claim 3 is characterized by making in agreement the frequency which takes the maximal value of the gain of said

barrier layer, and the frequency in which said 2-dimensional photograph nick crystal resonates in the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser indicated by claim 1 or claim 2.

[0024] In the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser with which invention indicated by claim 4 was indicated by either claim 1 - claim 3 moreover, said 2-dimensional photograph nick crystal Are [ having been arranged at spacing equal to the 1st and 2nd direction in which it intersects perpendicularly in the 1st medium while the 1st medium which has a predetermined refractive index, and the 1st medium differ from a refractive index, etc. and ] by carrying out, and it has the 2nd medium of magnitude. Some [ at least ] primitive lattices which made the 2nd medium top-most vertices are characterized by having the 3rd medium asymmetrically arranged to either of the two diagonal lines of this primitive lattice. According to this configuration, the 3rd medium is arranged in the random location in the 1st medium, for example.

[0025] Moreover, in the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser indicated by claim 4, invention indicated by claim 5 is characterized by having arranged the 3rd medium in the range of width-of-face 0.1a from the range of width-of-face 0.1from one side of primitive lattice a, or the perpendicular bisector of one side, when die length of one side of a primitive lattice is set to a.

[0026] Moreover, invention indicated by claim 6 is set on the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser indicated by claim 4. Die length of one side of a primitive lattice is set to a. At a zero the 1st and 2nd direction for the 2nd medium of 1 The X-axis, the time of considering as a Y-axis -- X and Y coordinate ( $na/4$ ,  $ma/4$ ) ( $1 n= 0, 2, 4, m= 3$ ) or -- ( $na/4$ ,  $ma/4$ ) ( $n= 1, 3, m= 0, 2, 4$ ) It is characterized by having arranged the 3rd medium in the range of radius 0.1a centering on a point.

[0027] According to this configuration, the 3rd medium is arranged in the location of X and Y coordinate ( $0 a/4$ ), for example ( $a/4$ ,  $a/2$ ). ( $3a [ 0 and ]/4$ )

[0028] Moreover, invention indicated by claim 7 is characterized by consisting of the magnitude from which the 2nd medium and the 3rd medium differ in 2-

dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 4.

[0029] Moreover, invention indicated by claim 8 is characterized by consisting of the quality of the material with same 2nd medium and 3rd medium in 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser according to claim 4 to 7.

[0030] In the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser with which invention indicated by claim 9 was indicated by either claim 1 - claim 3 moreover, said 2-dimensional photograph nick crystal It has the 1st medium which has a predetermined refractive index, and the 2nd medium arranged at spacing equal to the 1st and 2nd direction in which it intersects perpendicularly in the 1st medium while the 1st medium differs from a refractive index. Some [ at least ] primitive lattices which made the 2nd medium top-most vertices are characterized by making the flat-surface configuration of the 2nd medium unsymmetrical to either of the two diagonal lines of this primitive lattice. According to this configuration, the 2nd medium is periodically arranged in the 1st and 2nd direction, and the 2nd medium is formed in the ellipse form whose major axis corresponded in the 1st direction.

[0031] Moreover, in the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser with which invention indicated by claim 10 was indicated by either claim 1 - claim 3, in a rectangular medium, a flat-surface configuration is close, and is arranged, and said 2-dimensional photograph nick crystal is characterized by the refractive indexes of two media which adjoin the 2-way which intersects perpendicularly to the medium of at least 1 differing.

[0032] According to this configuration, the refractive indexes of the 2nd medium which a 2-dimensional photograph nick crystal is formed in the shape of a checker so that the refractive indexes of an adjoining medium may differ, and looks at it superficially, for example, is arranged above the 1st medium, and the 3rd medium arranged on the left of the 1st medium differ. The 1st - the 3rd medium may be arranged in the 1st medium and a vertical angle location, and

other media may be arranged. Moreover, spacing of the 1st medium and the 1st medium should just be a period which fulfills the conditions over the wave number vector in gamma point of having defined whether it having been the same as wavelength. Furthermore, although a primitive lattice is a square, the flat-surface configuration of each medium may not be a square.

[0033] Moreover, invention indicated by claim 11 is characterized by joining and said 2-dimensional photograph nick crystal changing so that the periodic direction may intersect perpendicularly two single dimension diffraction gratings with an equal period in the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser indicated by claim 10.

[0034] The refractive index of the part with which the 1st and 2nd diffraction grating which consists of the 1st and 2nd medium by which according to this configuration it has the slot of the predetermined period of a single dimension, for example, and refractive indexes differ was joined, and the slot of the 1st and 2nd diffraction grating lapped, The 2-dimensional photograph nick crystal with which the average refractive index and average \*\* of the part with which an average refractive index, and the 1st medium and the 2nd medium of the part with which the average refractive index of the part with which the slot and the 2nd medium of the 1st diffraction grating lapped, and the slot and the 1st medium of the 2nd diffraction grating lapped lapped differed from each other mutually is formed.

[0035]

[Embodiment of the Invention] The operation gestalt of this invention is explained with reference to a drawing below. About the same part as drawing 35 of the conventional example of explanation, the same sign is attached for convenience. Drawing 1 is the perspective view showing the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser of the 1st operation gestalt. As for the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 1, the laminating of the lower cladding layer 3, a barrier layer 4, and the up cladding layer 5 is carried out on the substrate 2. In the lower cladding layer 3, the 2-dimensional photograph nick crystal 10 is built in near the barrier layer 4.

[0036] The 2-dimensional photograph nick crystal 10 forms a hole in the semiconductor layer of the n mold InP, and is constituted, and the medium by which refractive indexes differ consists of the tetragonal lattice arranged the predetermined period of 2-dimensional one. It may be filled up with SiN etc. in a hole. A barrier layer 4 is [0037] which consists of the multiplex quantum well structure where the semiconductor material of for example, an InGaAs/InGaAsP system was used, and emits light by impregnation of a carrier. The lower cladding layer 3 consists of the semi-conductor of the n mold InP as mentioned above, and the up cladding layer 5 consists of the semi-conductor of the p mold InP. On both sides of a barrier layer 4, terrorism junction is formed in double by the lower cladding layer 3 and the up cladding layer 5, and the carrier which shuts up a carrier and is contributed to luminescence is centralized on a barrier layer. The electrodes 6 and 7 which consist of gold etc. are formed in the top face of the up cladding layer 5, and the base of a substrate 2. A barrier layer 4 emits light by impressing an electrical potential difference between an electrode 6 and 7.

[0038] Drawing 2 is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal 10. The 2-dimensional photograph nick crystal 10 consists of the tetragonal lattice which formed the 2nd medium 12, such as a hole, in the 1st medium 11 the same period (lattice spacing a) as two directions which intersect perpendicularly. If the basic lattice spacing a is a period which fulfills the conditions over the wave number vector in gamma point, although it is good, this operation gestalt will explain it using the case where the lattice spacing a and oscillation wavelength equivalent to gamma \*\*\*\* 2 group (refer to drawing 36 and the S section) generally used well are equal, anything.

[0039] The primitive lattice E1 which changes from the square which makes the 2nd medium 12 top-most vertices, and makes one side the minimum period (a) of the 2nd medium 12 of the same magnitude to the 2-dimensional photograph nick crystal 10 is formed. Moreover, the 3rd medium 13 is formed in two periods at a rate of one place at the position at the perpendicular 2-way of the 2nd medium 12,

respectively.

[0040] As mentioned above, incidence of the light which leaked from the barrier layer 4 is carried out to the 2-dimensional photograph nick crystal 10. The lattice spacing  $a$  of the 2-dimensional photograph nick crystal 10 resonates with the 2-dimensional photograph nick crystal 10 at the time of predetermined die length, and light is amplified. Thereby, the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 1 carries out field luminescence, and carries out outgoing radiation of the coherent light. At this time, as for the primitive lattice E1 containing the 3rd medium 13, the 3rd medium 13 is arranged also to any of the diagonal lines C1 and C2 in the unsymmetrical location.

[0041] In addition, a primitive lattice differs from the so-called unit lattice which the minimum periodic thing is pointed out and is the smallest unit of periodic structure with the grid of the square by which the same medium has been arranged at top-most vertices. Therefore, it can also be considered by making the 3rd medium 13 into top-most vertices that a grid E2 is a primitive lattice. Thus, even if it catches, the 2nd medium 12 is arranged on the unsymmetrical location also to any of the two diagonal lines.

[0042] The band Fig. near gamma point of the 2-dimensional photograph nick crystal 10 of such a configuration is shown in drawing 3 . This drawing shows the 2nd group (S section: refer to drawing 36 ) wavelength lambda and whose lattice spacing  $a$  correspond. An axis of ordinate is the normalized radian frequency which multiplied by it and formed  $a/c$  into the-less dimension in the frequency of light. Here,  $c$  shows the velocity of light (unit: m/sec), and  $a$  shows the lattice spacing (unit: m). The axis of abscissa shows the wave number vector of light.

[0043] According to this drawing, the 2-dimensional photograph nick crystal 10 has four different resonance modes according to four different resonance frequency and each resonance frequency in gamma \*\*\*\* 2 group by choosing a refractive index, magnitude, etc. of a medium appropriately. That is, it has the resonance frequency from which a C mode and D mode differ, and, unlike the conventional 2-dimensional photograph nick crystal shown by drawing 37 ,

degeneration in the mode is dispelled.

[0044] In addition, if it has unsymmetrical refractive-index distribution to one diagonal line of the primitive lattices E1, degeneration in the mode of a 2-dimensional photograph nick crystal can be dispelled. For example, in drawing 2 , it may change to 3rd medium 13a in a primitive lattice E1, and 3rd medium 13b may be arranged on one diagonal line C2.

[0045] Drawing 4 - drawing 7 are drawings showing electric-field distribution, i.e., the near-field pattern at the time of laser oscillation, when the 2-dimensional photograph nick crystal 10 has taken the resonance state in A mode, an B mode, a C mode, and D mode. The arrow head shows the direction and magnitude of electric field. As shown in these drawings, the sense of electric field is fixed in each mode. That is, the polarization direction is fixed.

[0046] Therefore, as electric-field distribution of the long-sight field in A mode and D mode is shown in drawing 8 and electric-field distribution of the long-sight field of an B mode and a C mode is shown in drawing 9 , the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 1 with the fixed polarization direction (the direction of electric field) of the light by which outgoing radiation is carried out can be obtained.

[0047] In addition, at A and an B mode, electric field negate each other by part for the core of a luminescence field. Consequently, the amount of [ which was covered with the electrode 7 of a luminescence field ] core is a nonluminescent field. For this reason, light is emitted in the shape of a doughnut dark in a core only with a bright periphery. On the other hand, in C and D mode, electric field deny and it suits, and there is no \*\* and light is emitted from the whole surface of a luminescence field to homogeneity. Therefore, the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser used in C and D mode is more more desirable than the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser used by A and the B mode.

[0048] Moreover, although the 3rd medium 13 has a different refractive index from the 1st medium 11, the 2nd medium 12 may be the same refractive index.

Moreover, if the 3rd medium 13 is unsymmetrical, even if it will arrange it in which location to either of the diagonal lines C1 and C2, it can dispel degeneration in the mode. For example, although you may arrange in a random location, it is more desirable when it arranges in a location which is explained below.

[0049] When drawing 10 has arranged the 3rd medium 13 in a primitive lattice E1, it is drawing having shown the degree as which light senses existence of a photograph nick crystal with the contour line. The slash section shows the large part of effectiveness. According to this, when the 3rd medium 13 is arranged on each side of a primitive lattice E1, or the perpendicular bisector of each side, the degree which senses existence of a photograph nick crystal is the largest, and effectiveness is high. Moreover, if it is within the limits of the width of face of 0.1a (= a/10), sufficiently big effectiveness can be acquired from each side of a primitive lattice E1, or the perpendicular bisector of each side.

[0050] When drawing 11 has arranged the 3rd medium 13 in a primitive lattice E1, it is drawing having shown the effectiveness which enlarges the difference of the frequency in each mode by the 3rd medium 13 with the contour line. The slash section shows the large part of effectiveness. When according to this the X-axis and a Y-axis are set as the direction of two sides where a primitive lattice E1 adjoins and the location of the 2nd medium 12 of 1 is made into a zero X and Y coordinate  $(na/4, ma/4)$  ( $1 n= 0, 2, 4, m= 3$ ) or  $-- (na/4, ma/4)$  ( $n= 1, 3, m= 0, 2, 4$ ) When it arranges at a point, the effectiveness which enlarges the difference of the frequency in each mode is the largest. Moreover, if it is within the limits of radius 0.1a (= a/10), sufficiently big effectiveness can be acquired from these points.

[0051] For example, if X and Y coordinate arrange the 3rd medium in the location of  $(0, a/4)$ ,  $(3a [ 0 and ]/4)$ , and  $(a/4, a/2)$ , light can take the large difference of the frequency in each mode, when existence of a photograph nick crystal is sensed sufficiently strong and the effectiveness of a photograph nick crystal shows up strongly.

[0052] Moreover, as shown in the 2nd operation gestalt of drawing 12 , the 3rd

medium 13 may be formed for every period of the 2-way which intersects perpendicularly. In this case, even if it catches a primitive lattice with a grid E3, it is unsymmetrical to the two diagonal lines. As shown in the 3rd operation gestalt of drawing 13 , two places which are not the vertical angles of primitive-lattice E1' by which the 2nd medium 12 was arranged periodically may be permuted by the 3rd medium 13. Consequently, a primitive lattice E1 changes die length of one side to primitive-lattice E1' of origin, and becomes unsymmetrical to the diagonal line. Moreover, it is the same even if it regards the grid E5 which makes the 3rd medium 13 top-most vertices as a primitive lattice.

[0053] In the 1st - the 3rd operation gestalt, the profit effectiveness can enlarge the difference of each resonance frequency for degeneration greatly rather than the case where it prepares for every period [ form / for every short period of the 2nd medium 12 / the 3rd medium 13 ] being longer. Thereby, the resonance mode to be used can be chosen easily. Moreover, the profit effectiveness can be enlarged for degeneration rather than the case where the one where the magnitude of the 3rd medium 13 is larger is small.

[0054] In addition, drawing 14 - drawing 17 have symmetrical distribution of a refractive index also to any of the two diagonal lines of a primitive lattice. As shown in drawing 14 , when the 3rd medium 13 is formed in the middle point of the diagonal line of a primitive lattice E1, since refractive-index distribution becomes symmetrical to the diagonal line of both primitive lattices E1, the polarization direction of outgoing radiation light cannot be made regularity. At this time, even if it catches a primitive lattice with the grid E6 which makes the 3rd medium 13 top-most vertices, it is the same.

[0055] As shown in drawing 15 , when the 3rd medium 13 is formed in the middle point of the diagonal line every two periods of a primitive lattice E1, refractive-index distribution serves as symmetry to the diagonal line of both primitive lattices E1 similarly. It is the same even if it catches a primitive lattice with grids E7 and E8. In addition, although the grid E20 makes the 2nd medium 12 top-most vertices, since one side is not the minimum period of the 2nd medium 12, it

cannot be caught with a primitive lattice.

[0056] As shown in drawing 16 , when the 2nd medium 12 transposes one place of primitive-lattice E1' arranged periodically to the 3rd medium 13 every two periods, refractive-index distribution serves as symmetry to the diagonal line of both new primitive lattices E1 similarly. It is the same even if it catches a primitive lattice with a grid E10.

[0057] As shown in drawing 17 , when the 2nd medium 12 transposes one place of primitive-lattice E1' arranged periodically to the 3rd medium 13 of the same quality of the material by which magnitude differs every two periods, refractive-index distribution serves as symmetry to the diagonal line of both new primitive lattices E1 similarly. It is the same even if it catches a primitive lattice with a grid E9. In addition, although the grid 21 makes the 2nd and 3rd medium 12 and 13 of the same quality of the material top-most vertices, since magnitude differs, it cannot be caught with a primitive lattice.

[0058] Drawing 18 is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal carried in the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser of the 4th operation gestalt. The 2-dimensional photograph nick crystal 20 of this operation gestalt is arranged the same period as two directions in which the 2nd medium 12 of a cross-section ellipse form intersects perpendicularly in the 1st medium 11. Other configurations are the same as that of the 1st operation gestalt.

[0059] In this operation gestalt, since the refractive indexes of the 1st medium 11 and the 2nd medium 12 differ, refractive-index distribution is unsymmetrical also to any of the two diagonal lines C1 and C2 of the primitive lattice E1 which consists of the square which made the 2nd medium 12 top-most vertices.

[0060] The band Fig. of the 2nd group (S section: refer to drawing 36 ) of the 2-dimensional photograph nick crystal 20 of such a configuration is shown in drawing 19 . An axis of ordinate shows the normalized radiam frequency which multiplied by it and formed a/c into the-less dimension in the frequency of light, and the axis of abscissa shows the wave number vector of light. The 2-

dimensional photograph nick crystal 20 has four different resonance modes according to four different resonance frequency and each resonance frequency in gamma \*\*\*\* 2 group by choosing a refractive index, magnitude, etc. of a medium appropriately. That is, it has the resonance frequency from which a C mode and D mode differ, and degeneration in the mode of the 2-dimensional photograph nick crystal 20 is dispelled.

[0061] Drawing 20 - drawing 23 are drawings showing electric-field distribution, i.e., the near-field pattern at the time of laser oscillation, when the 2-dimensional photograph nick crystal 20 has taken the resonance state in A mode, an B mode, a C mode, and D mode, respectively. The arrow head shows the direction and magnitude of electric field. As shown in these drawings, the sense of electric field is fixed in each mode. That is, the polarization direction is fixed. Therefore, the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 1 with the fixed polarization direction (the direction of electric field) of the light by which outgoing radiation is carried out can be obtained.

[0062] Moreover, as shown in the 5th operation gestalt of drawing 24 , a cross-section configuration may incline and arrange the 2nd medium 12 of an ellipse form to the periodic direction. Furthermore, the same effectiveness can be acquired even if it makes the cross-section configuration of the 2nd medium 12 into a rectangle, as shown in the 6th operation gestalt of drawing 25 .

[0063] Drawing 26 is the decomposition perspective view showing the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser of the 7th operation gestalt. The same sign is given to the same part as the 1st operation gestalt shown in above-mentioned drawing 1 of explanation for convenience. As for the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 9, the laminating of the lower cladding layers 8 and 3, a barrier layer 4, and the up cladding layer 5 is carried out on the substrate 2. These are similarly formed of the same quality of the material as the 1st operation gestalt, and an ingredient which the same ingredient is sufficient as and is different is sufficient as the lower cladding layers 3 and 8. The electrodes 6 and 7 which consist of gold etc. are formed in the base

of a substrate 2, and the top face of the up cladding layer 5.

[0064] The single dimension diffraction gratings 8a and 3a which consist of the slot formed the same period of a single dimension, respectively are formed in the top face of the lower cladding layer 8, and the inferior surface of tongue of the lower cladding layer 3. The single dimension diffraction gratings 8a and 3a are joined so that the periodic direction may intersect perpendicularly mutually.

Thereby, the 2-dimensional photograph nick crystal 30 which has 2-dimensional periodic structure is formed.

[0065] Drawing 27 is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal 30. The single dimension diffraction gratings 8a and 3a have Slots 8b and 3b and land parts 8c and 3c, respectively. The F1 section with which slot 8b and slot 3b lapped has the same refractive index as air. The F2 section with which land part 8c and slot 3b lapped has the average refractive index of the refractive index of the lower cladding layer 8, and the refractive index of air. The F3 section with which slot 8b and land part 3c lapped has the average refractive index of the refractive index of the lower cladding layer 3, and the refractive index of air. The F4 section with which land part 8c and land part 3c lapped has the average refractive index of the refractive index of the lower cladding layer 8, and the refractive index of the lower cladding layer 3.

[0066] Moreover, since the distance from a barrier layer 4 to single dimension diffraction-grating 3a is shorter than the distance to single dimension diffraction-grating 8a, the luminous intensity which reaches single dimension diffraction-grating 3a is larger than the luminous intensity which reaches single dimension diffraction-grating 8a. For this reason, the effect of the refractive index of the lower part [ refractive index / of air ] cladding layer 3 becomes large, and, as for the average refractive index of the F3 section, the average refractive index of the F2 section has the effect larger than the refractive index of the lower cladding layer 8 of the refractive index of air. Therefore, even if the lower cladding layer 8 and the lower cladding layer 3 are the same refractive indexes, it has a different refractive index from the F2 section and the F3 section.

[0067] Consequently, as shown in drawing 28 , with a different refractive index, a cross-section configuration is [ the 1st 2nd, 3rd, and 4th rectangular medium 31, 32, 33, and 34 ] close in the shape of a checker, and the 2-dimensional photograph nick crystal 30 is arranged. It is periodically arranged by this by the 2-way a 2-way and the 1st medium 31 cross at right angles, and the 2-dimensional photograph nick crystal 30 consists of the tetragonal lattice. And the primitive lattice E1 which consists of the square which made the 1st medium 31 top-most vertices is unsymmetrical refractive-index distribution also to any of the two diagonal lines.

[0068] The band Fig. of the 2nd group (refer to the S section of drawing 36 ) of the 2-dimensional photograph nick crystal 30 is shown in drawing 29 . An axis of ordinate shows the normalized radiam frequency which multiplied by it and formed a/c into the-less dimension in the frequency of light, and the axis of abscissa shows the wave number vector of light. The 2-dimensional photograph nick crystal 30 has four different resonance modes according to four different resonance frequency and each resonance frequency in gamma \*\*\*\* 2 group by choosing a refractive index, magnitude, etc. of a medium appropriately. That is, it has the resonance frequency from which a C mode and D mode differ, and degeneration in the mode of the 2-dimensional photograph nick crystal 30 is dispelled.

[0069] Drawing 30 - drawing 33 are drawings showing electric-field distribution, i.e., the near-field pattern at the time of laser oscillation, when the 2-dimensional photograph nick crystal 30 has taken the resonance state in A mode, an B mode, a C mode, and D mode, respectively. The arrow head shows the direction and magnitude of electric field. As shown in these drawings, the sense of electric field is fixed in each mode. That is, the polarization direction is fixed. Therefore, the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser 9 with the fixed polarization direction (the direction of electric field) of the light by which outgoing radiation is carried out can be obtained.

[0070] In addition, as long as the single dimension diffraction gratings 8a and 3a

have a the same period, they may be good and its duty ratio may not be the same. moreover, not only in when joining a single dimension diffraction grating like this operation gestalt As shown in above-mentioned drawing 28 , a flat-surface configuration is close in the medium of a refractive index by which rectangles differ. By making into a mutually different refractive index two media (for example, the 2nd and 3rd medium 32 and 33) which adjoined in the two directions which intersect perpendicularly to the medium (for example, the 1st medium 31) of 1, the 2-dimensional photograph nick crystal which dispelled degeneration can be obtained.

[0071] At this time, spacing of the medium of 1 should just be a period which fulfills the conditions over the wave number vector in gamma point of having defined whether it having been the same as wavelength. Moreover, although a primitive lattice is a square, the flat-surface configuration of each medium may not be a square. Furthermore, the 4th medium 34 arranged in the direction of slant to the medium (the 1st medium 31) of 1 may be the same refractive index as either the 1st - the 3rd medium 31-33.

[0072] Drawing 34 shows the frequency characteristics of the gain of the barrier layer 4 of the 1st - the 7th operation gestalt. The axis of ordinate shows the gain of a barrier layer, and the axis of abscissa shows the frequency. As shown in this drawing, the barrier layer 4 has different gain to a frequency. Therefore, in the 1st - the 7th operation gestalt, by choosing the refractive index of the medium of a 2-dimensional photograph nick crystal, the magnitude of a medium, a lattice spacing, etc. so that it may resonate on the frequency used as the maximal value of the gain of a barrier layer 4, outgoing radiation of the light can be efficiently carried out from 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser, and power-saving can be attained. Moreover, if the delta frequency between the modes is enlarged, the selectivity of the resonance mode to be used will become good.

[0073]

[Effect of the Invention] According to invention of claim 1, the 2-dimensional

photograph nick crystal-face luminescence laser with which degeneration in the mode is dispelled and a 2-dimensional photograph nick crystal carries out outgoing radiation of the polarization with the fixed polarization direction since a primitive lattice has distribution of an unsymmetrical refractive index to the diagonal line can be obtained.

[0074] Moreover, according to invention of claim 2, the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser with which the polarization direction carries out outgoing radiation of the fixed polarization can be obtained by dispelling degeneration in the mode of a 2-dimensional photograph nick crystal.

[0075] Moreover, since the frequency which takes the maximal value of the gain of a barrier layer, and the frequency in which a 2-dimensional photograph nick crystal resonates are made in agreement according to invention of claim 3, outgoing radiation of the light can be efficiently carried out from 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser, and power-saving can be attained.

[0076] Moreover, according to invention of claim 4, the 2-dimensional photograph nick crystal which has unsymmetrical refractive-index distribution simply can be obtained by arranging the 3rd medium asymmetrically to the two diagonal lines of the primitive lattice which makes the 2nd medium arranged into the 1st medium top-most vertices.

[0077] Moreover, according to invention of claim 5, when die length of one side of a primitive lattice is set to a, the degree as which light senses a photograph nick crystal by arranging the 3rd medium in the range of width-of-face 0.1a can improve from the range of width-of-face 0.1 from one side of primitive lattice a, or the perpendicular bisector of one side, and degeneration can be dispelled easily.

[0078] According to invention of claim 6, die length of one side of a primitive lattice is set to a. At a zero the 1st and 2nd direction for the 2nd medium of 1 Moreover, the X-axis, the time of considering as a Y-axis -- X and Y coordinate  $(na/4, ma/4)$  ( $1 n= 0, 2, 4, m= 3$ ) or  $-- (na/4, ma/4)$  ( $n= 1, 3, m= 0, 2, 4$ ) By arranging the 3rd medium in the range of radius 0.1a centering on a point

Degeneration can raise the profit effectiveness by defective installation.

[0079] Moreover, according to invention of claim 7, even if the 2nd and 3rd medium is the same refractive index by making the 2nd medium and the 3rd medium into different magnitude, unsymmetrical refractive-index distribution can be formed easily.

[0080] Moreover, according to invention of claim 8, by forming the 2nd medium and the 3rd medium according to the same quality of the material, the 2nd and 3rd medium can be formed in coincidence, and unsymmetrical refractive-index distribution can be formed more easily.

[0081] Moreover, according to invention of claim 9, the 2-dimensional photograph nick crystal which has unsymmetrical refractive-index distribution simply can be obtained by making the flat-surface configuration of the 2nd medium unsymmetrical to the two diagonal lines of the primitive lattice which makes the 2nd medium arranged into the 1st medium top-most vertices.

[0082] Moreover, according to invention of claim 10, when making it the refractive indexes of two media which adjoin the 2-way with which a flat-surface configuration is close, arranges a rectangular medium in the shape of a checker, and intersects perpendicularly to the medium of 1 differ, the 2-dimensional photograph nick crystal which has unsymmetrical refractive-index distribution simply can be obtained.

[0083] Moreover, according to invention of claim 11, the 2-dimensional photograph nick crystal arranged in the shape of a checker can be easily obtained by joining two single dimension diffraction gratings so that the periodic direction may intersect perpendicularly.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the decomposition perspective view showing the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the band Fig. of the 2nd group of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field in A mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field of the B mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field of the C mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field in D mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing electric-field distribution of A of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention, and the long-sight field in D mode.

[Drawing 9] It is drawing showing electric-field distribution of B of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention, and the long-sight field of a C mode.

[Drawing 10] It is drawing showing the diffraction effect by the location of the defect of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing the effectiveness of arranging the direction of electric field by the location of the defect of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 12] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 13] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 14] It is a top view explaining the symmetric property by the location of the defect of a 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 15] It is a top view explaining the symmetric property by arrangement of the defect of a 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 16] It is a top view explaining the symmetric property by arrangement of the defect of a 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 17] It is a top view explaining the symmetric property by arrangement of the defect of a 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 18] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 19] It is the band Fig. of the 2nd group of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 20] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field in A mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 21] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field of the B mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 4th operation

gestalt of this invention.

[Drawing 22] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field of the C mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 23] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field in D mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 24] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 5th operation gestalt of this invention.

[Drawing 25] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 26] It is the decomposition perspective view showing the 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 27] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 28] It is the top view showing the 2-dimensional photograph nick crystal of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 29] It is the band Fig. of the 2nd group of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 30] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field in A mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 31] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field of the B mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 32] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field of the C mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 33] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field in

D mode of the 2-dimensional photograph nick crystal of the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 34] It is drawing showing the gain over the frequency of the light which emits light by the barrier layer.

[Drawing 35] It is the top view showing the conventional 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 36] It is the band Fig. of the conventional 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 37] It is the band Fig. of the 2nd group of the conventional 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 38] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field in A mode of the conventional 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 39] It is drawing showing electric-field distribution of the myopia field of the B mode of the conventional 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 40] It is drawing showing electric-field distribution of the long-sight field in A mode of the conventional 2-dimensional photograph nick crystal.

[Drawing 41] It is drawing showing electric-field distribution of the long-sight field of the B mode of the conventional 2-dimensional photograph nick crystal.

#### [Description of Notations]

1 Nine 2-dimensional photograph nick crystal-face luminescence laser

2 Substrate

3 Eight Lower cladding layer

3a, 8a Single dimension diffraction grating

4 Barrier Layer

5 Up Cladding Layer

6 Seven Electrode

10, 20, 30, 40 2-dimensional photograph nick crystal

11 31 The 1st medium

12 32 The 2nd medium

13 33 The 3rd medium

34 4th Medium

E1 Primitive lattice

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

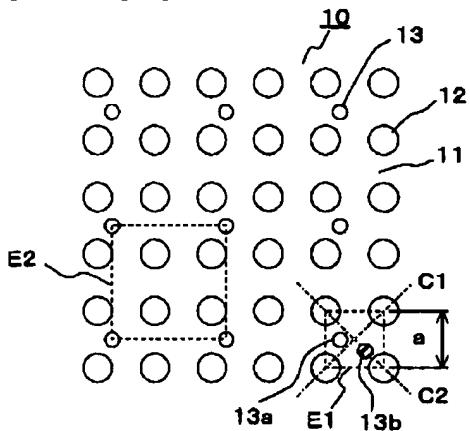
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

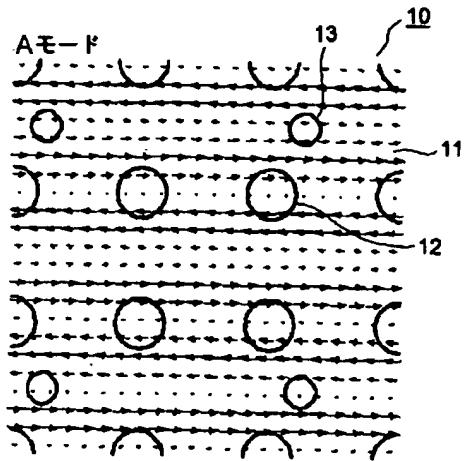
DRAWINGS

---

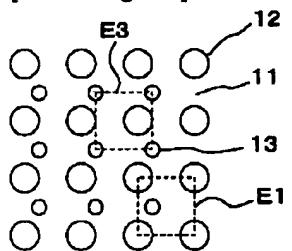
[Drawing 2]



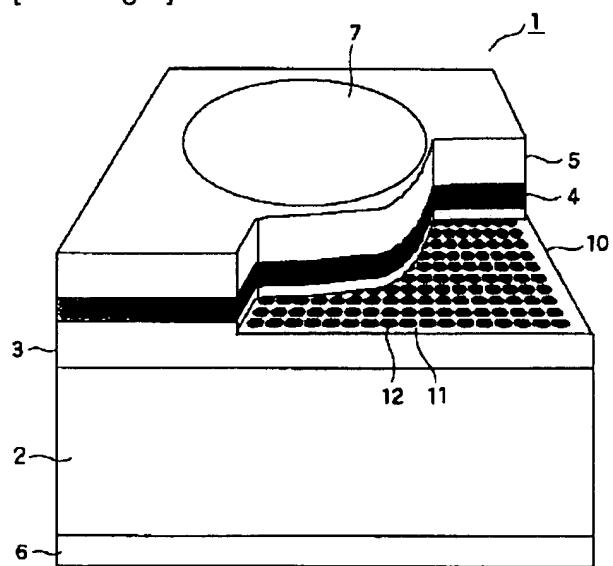
[Drawing 4]



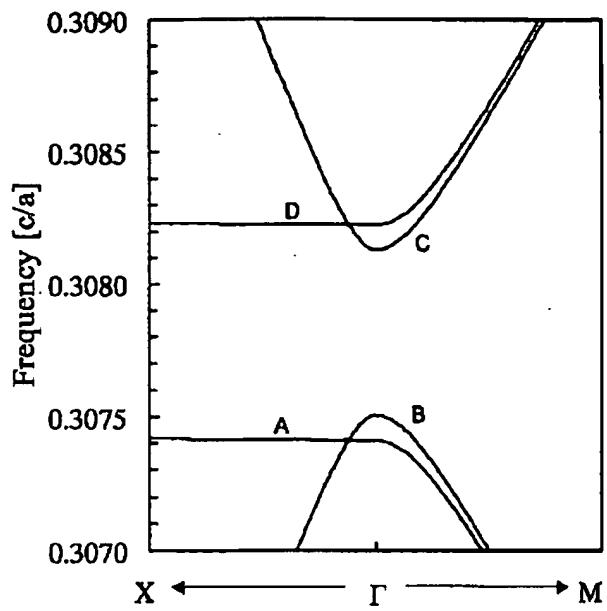
[Drawing 12]



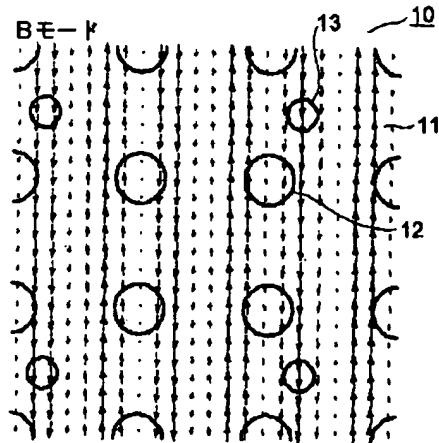
[Drawing 1]



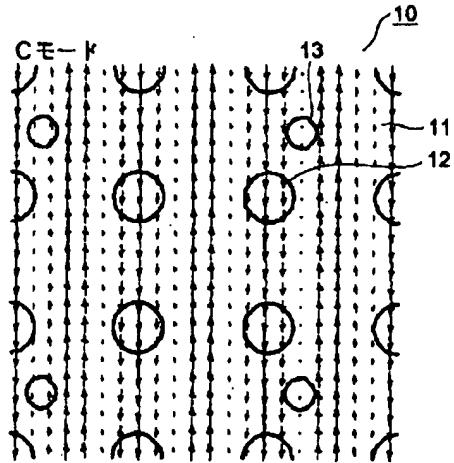
[Drawing 3]



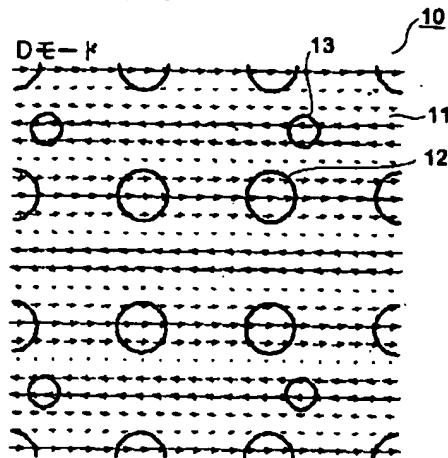
[Drawing 5]



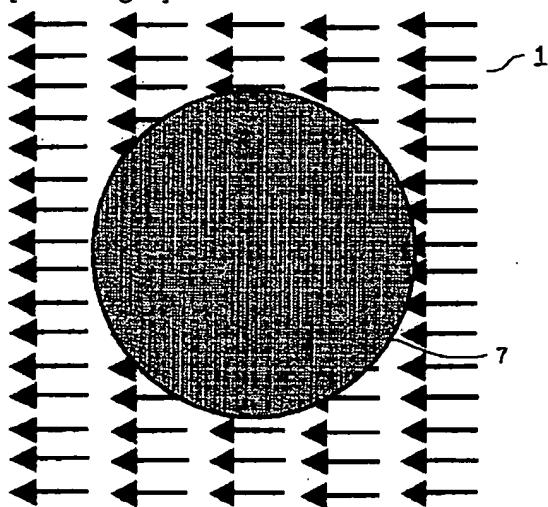
[Drawing 6]



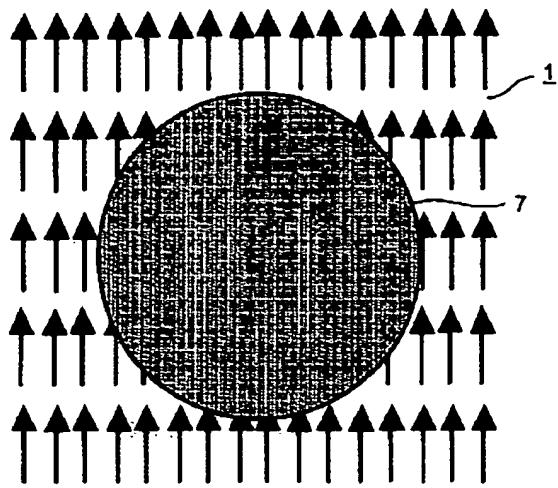
[Drawing 7]



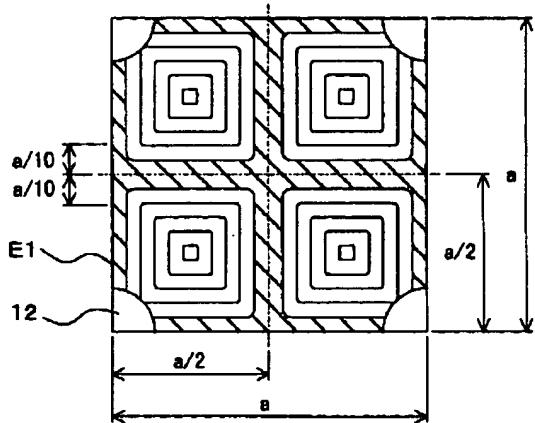
[Drawing 8]



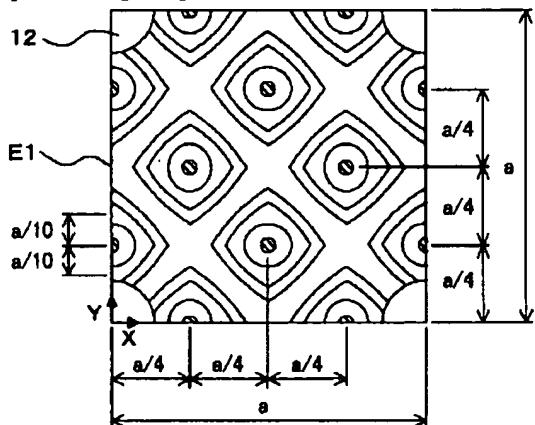
[Drawing 9]



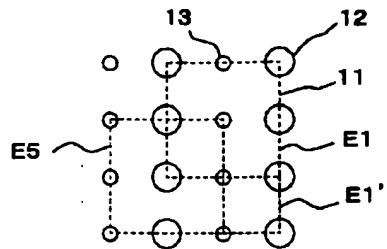
[Drawing 10]



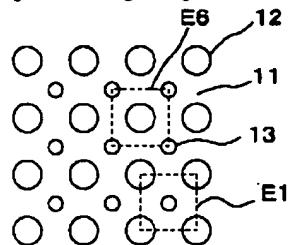
[Drawing 11]



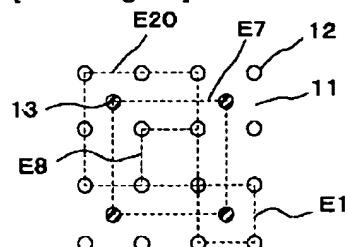
[Drawing 13]



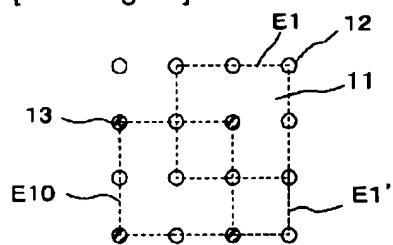
[Drawing 14]



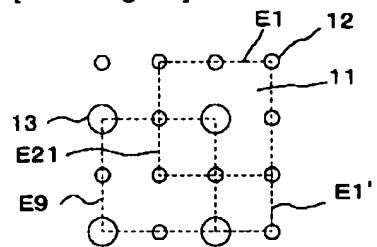
[Drawing 15]



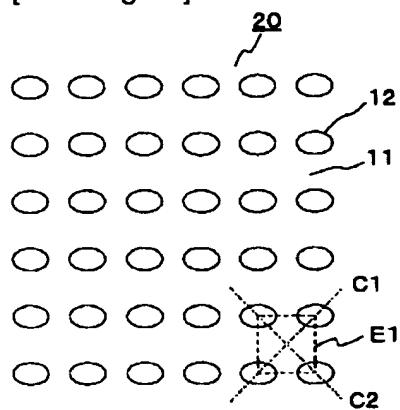
[Drawing 16]



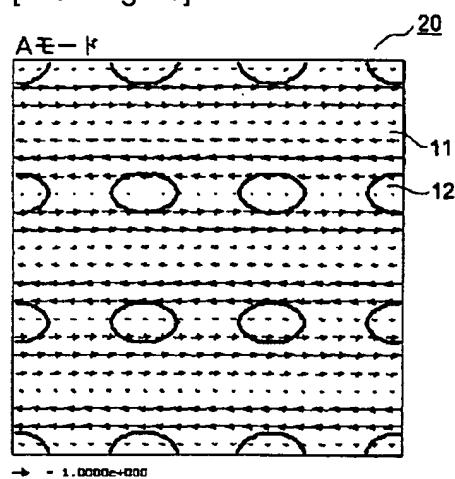
[Drawing 17]



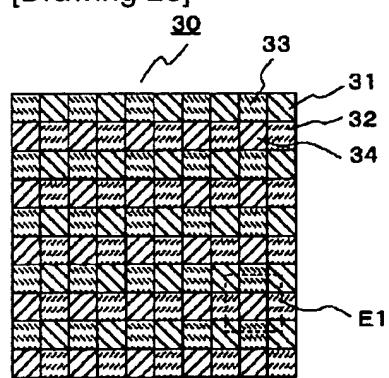
[Drawing 18]



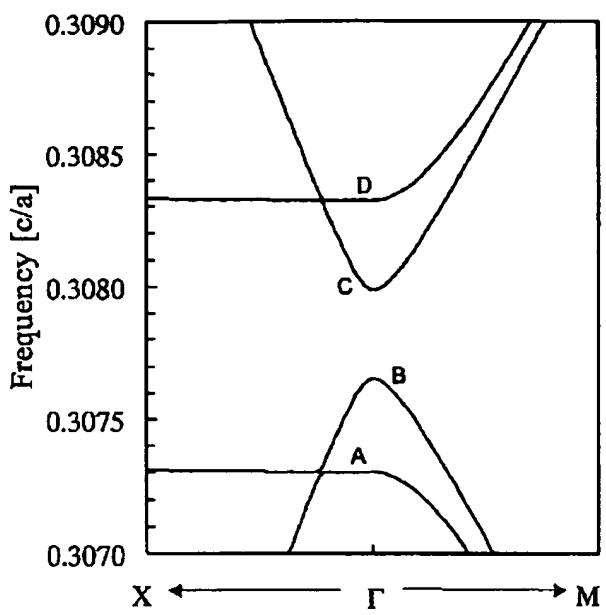
[Drawing 20]



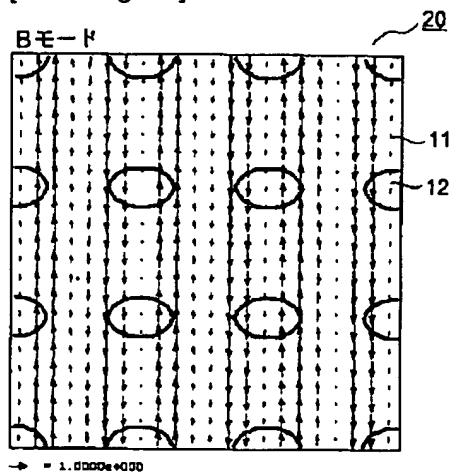
[Drawing 28]



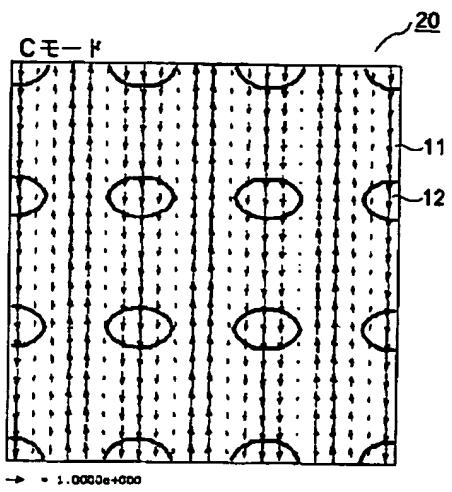
[Drawing 19]



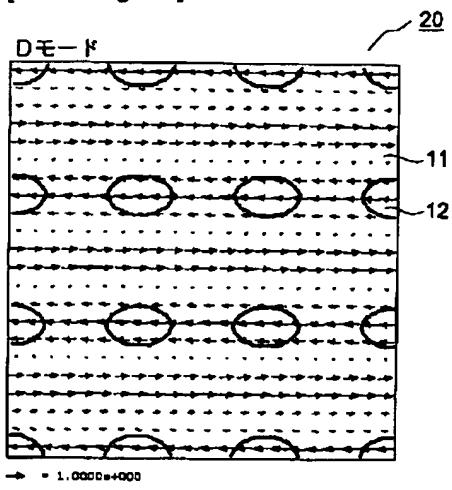
[Drawing 21]



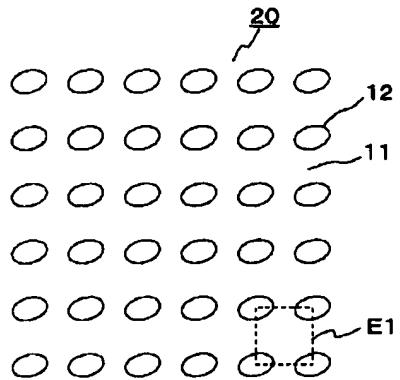
[Drawing 22]



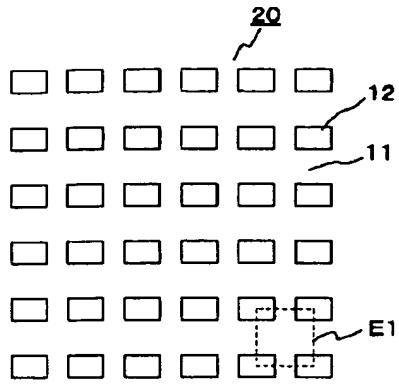
[Drawing 23]



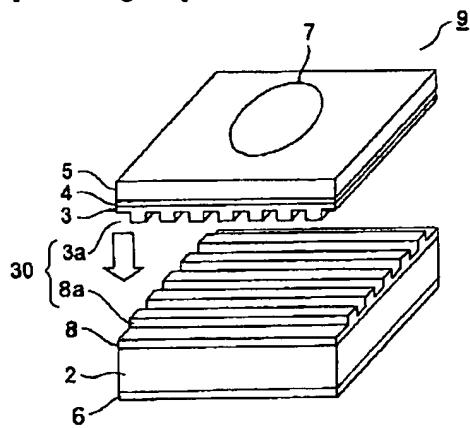
[Drawing 24]



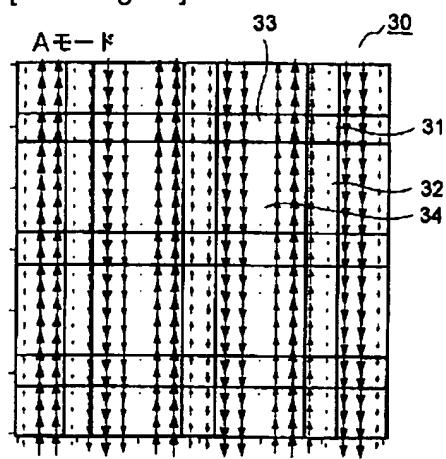
[Drawing 25]



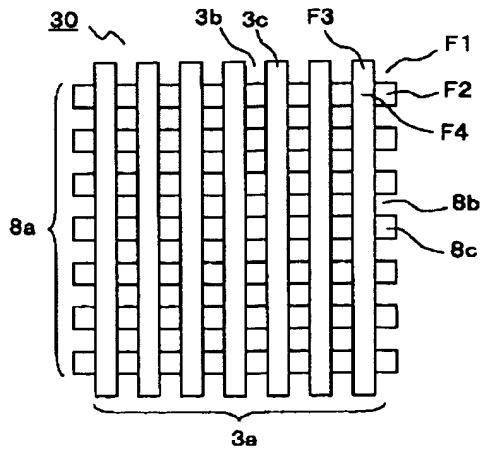
[Drawing 26]



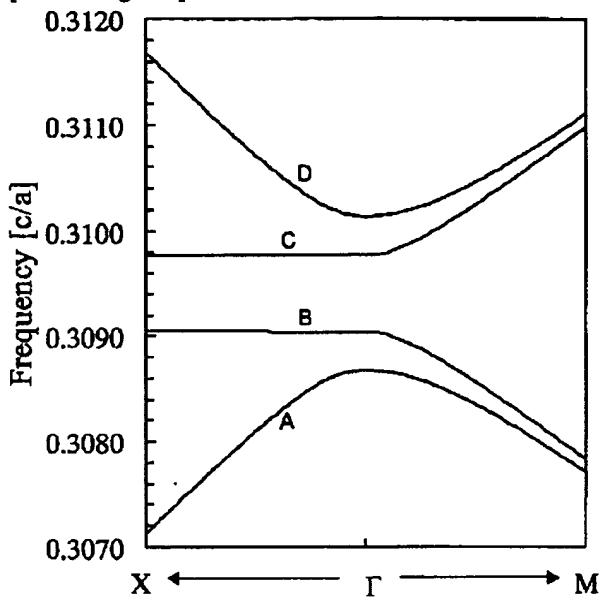
[Drawing 30]



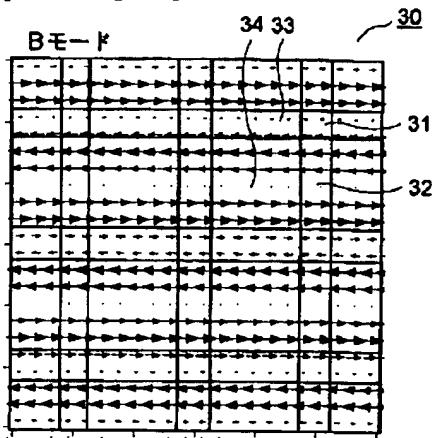
[Drawing 27]



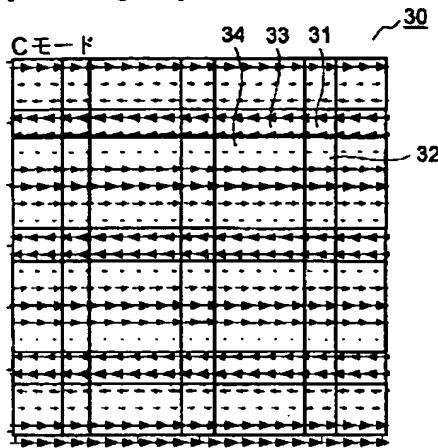
[Drawing 29]



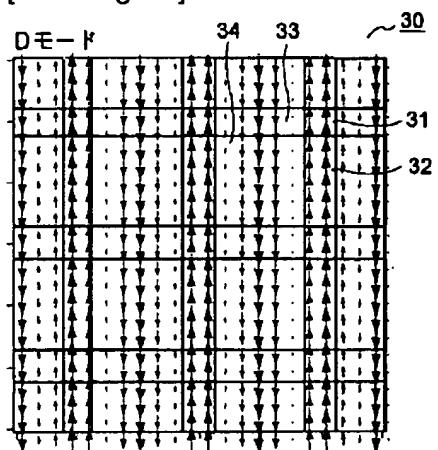
[Drawing 31]



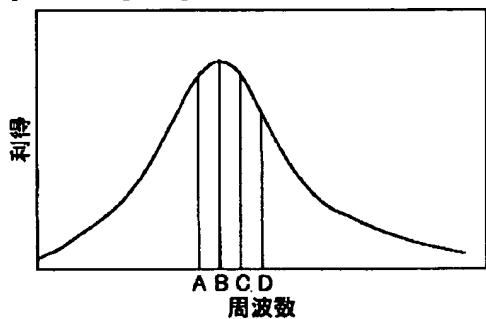
[Drawing 32]



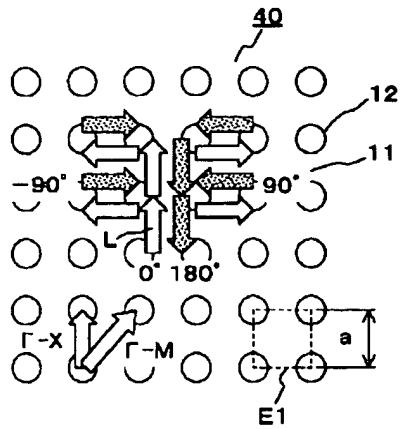
[Drawing 33]



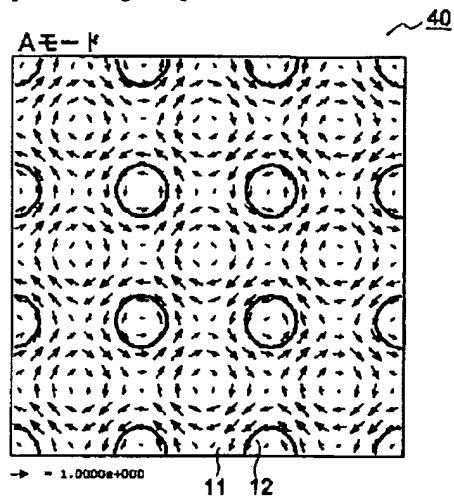
[Drawing 34]



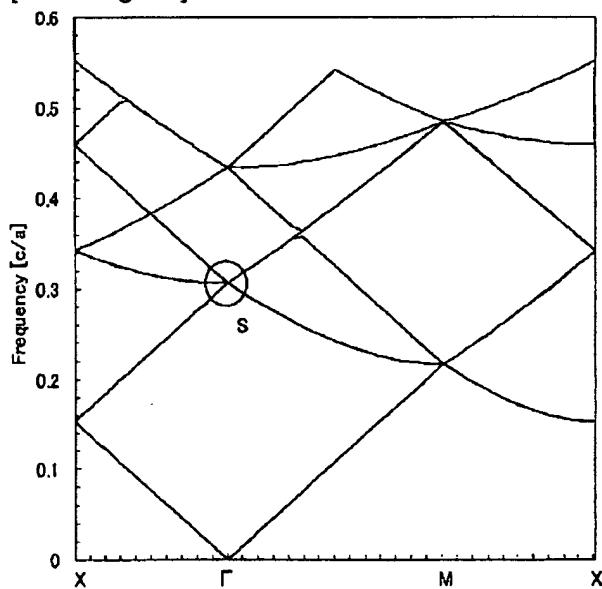
[Drawing 35]



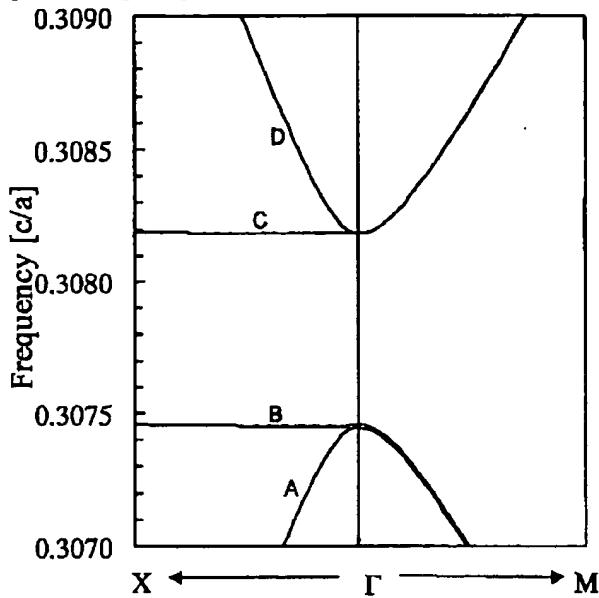
[Drawing 38]



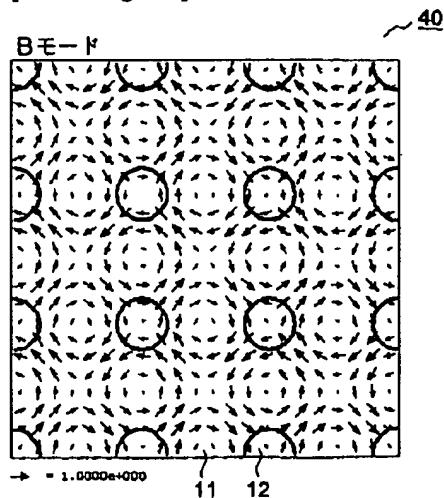
[Drawing 36]



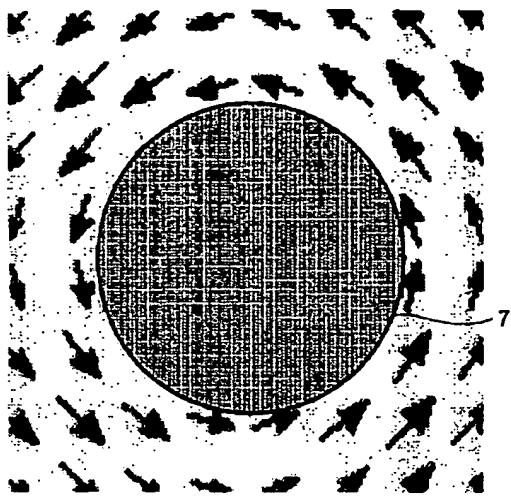
[Drawing 37]



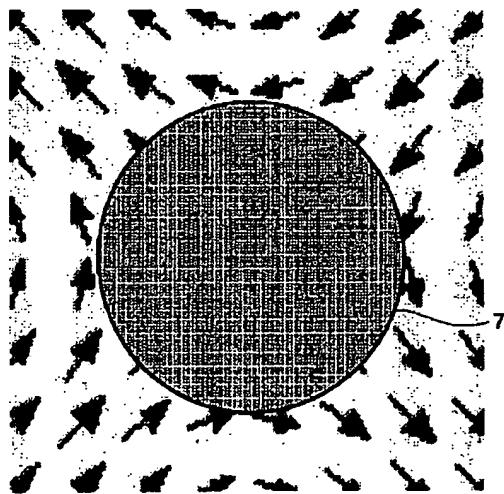
[Drawing 39]



[Drawing 40]



[Drawing 41]



---

[Translation done.]